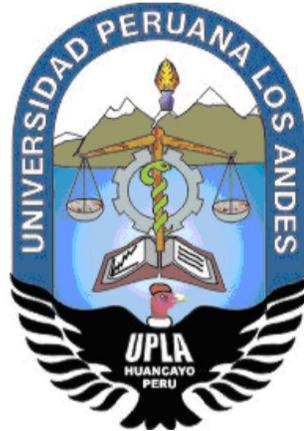


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS PARA LA DINÁMICA DE
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO MEDIANTE
SECUENCIA DE SEMÁFOROS (PUENTE AVENIDA
HUANCAVELICA – OBELISCO GIRÁLDEZ)”**

PRESENTADO POR:

Bach. Rafael Palomino Loa

Línea de investigación institucional:

Nuevas Tecnologías Y Procesos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo - Perú
2018

ING. VARGAS MANRIQUE, FERNANDO

Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser parte de mi esfuerzo y señal de vida, a mis padres un ejemplo a seguir, también a mis hijos son motor y motivo, por ellos seguiré superándome profesionalmente.

Palomino Loa, Rafael

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES DE HUANCAYO, forjadora de profesionales al servicio de la sociedad.

A la Facultad De Ingeniería que hicieron posible a mi formación profesional.

A la Escuela De Formación Profesional De Ingeniería Civil, en especial a los docentes que hicieron posible la ejecución descriptiva de mi tesis.

Al Ing. Vladimir Ordoñez Camposano, por la orientación y palabra, quien con su conocimiento, experiencia, paciencia y motivación permitió la culminación de mi tesis.

Rafael palomino loa

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE

PH. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO

ING. VLADIMIR ORDONEZ CAMPOSANO

JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO DE DOCENTES

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento de problema.....	18
1.2. Formulación del problema.	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Especifico.....	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Social.....	19
1.3.2. Teórica	20
1.3.3. Metodológica	20
1.4. Delimitaciones	21
1.4.1. Espacial.....	21
1.4.2. Temporal.....	22
1.4.3. Económico	22
1.5. Limitaciones.....	23
1.5.1. Económico	23
1.6. Social.....	23
1.7. Objetivos de la investigación.....	23

1.7.1. Objetivo General.....	23
1.7.2. Objetivos Específicos.....	23
1.8. Justificación e Importancia de la Investigación.	24

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.....	25
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2. Antecedentes nacionales.	27
2.2. Marco conceptual.....	30
2.2.1. Sistema Vial Urbano.	30
2.2.2. Capacidad Vial.....	32
2.2.3. Volumen de Tránsito.....	33
2.2.4. Congestionamiento.	34
2.2.5. Transporte público.	35
2.2.6. Sistema de Transporte.....	37
2.2.7. Estudios Técnicos.	38
2.2.8. Semáforos.	40
2.2.9. Sistema de Semaforización.	41
2.2.10. Ventajas y Desventajas.	41
2.2.11. Parámetros de Control en los Semáforos.	42
2.2.12. Clasificación de los Semáforos.....	44
2.2.13. Cálculos de los Tiempos de los Semáforos.....	46
2.2.14. Sincronización o Coordinación de Semáforos.....	54

2.2.15. Métodos Geométricos. Diagrama Espacio-Tiempo.....	56
2.2.16. Propuestas de Mejoras a los Métodos Geométricos de Coordinaciones en Intersecciones.....	60
2.3. Lo que Dice el Reglamento Nacional de Tránsito.....	63
2.3.1. Artículos 121. Normas para Preservar Seguridades Viales, Medio Ambiente y Fluidez de la Circulación.....	63
2.3.2. Artículo 123. Funciones de la Autoridad Competente.....	63
2.3.3. Artículo 162.- Límites Máximos de Velocidades.....	64
2.4. Hipótesis de la Investigación.....	64
2.4.1. Hipótesis General.....	64
2.4.2. Hipótesis Especifico.....	64
2.5. Variables.....	65

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación.....	66
3.2. Tipo de Investigación.....	66
3.3. Nivel de Investigación.....	66
3.4. Diseño de Investigación.....	67
3.4.1. Fuentes de información e Instrumentos Utilizados.....	67
3.4.2. Recolección de Datos.....	68
3.4.3. Identificación de la Población.....	69
3.5. Población y Muestra.....	69
3.5.1. Población.....	69
3.5.2. Muestra.....	69

3.5.3. Cálculos del Tamaños de la Muestras.....	72
3.6. Recopilación de datos.	73
3.6.1. Vehículos por Cada Ciclo de Cada Semáforo.....	76
3.6.2. Duración de Ciclo de Cada Semáforo.....	79
3.6.3. Distancias de Recorrido	80
3.6.4. Tiempos de Recorridos y Tiempos de Demora en Cada Semáforo	82
3.6.5. Velocidades de Marcha o de Aproximación.....	83
3.6.6. Velocidades de Recorrido.....	83
3.7. Análisis de Datos.	84
3.7.1. Análisis Exploratorio	84
3.7.2. Análisis Descriptivo.....	90
3.8. Procesamiento de Datos.....	92
3.8.2. Determinación del Ciclo de Máxima Demanda.....	92
3.8.3. Volúmenes de Tránsito	92
3.8.4. Variación de Volúmenes de Tránsito.....	93
3.8.5. Vehículos Equivalentes.....	94
3.8.6. Calculo de los Tiempos del Semáforo	96

CAPITULO IV

RESULTADOS	100
-------------------------	------------

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES.....	110
--------------------------	------------

RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXOS.....	114
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	114
ANEXO 02: . Total de Vehículos por Cada Ciclo Mañana.....	117
ANEXO 03: Total de Vehículos por Cada Ciclo Tarde.....	118
ANEXO 04: Total de vehículos por cada ciclo noche	119
ANEXO 05: Planos de Ubicación de semáforos	120

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano De Ubicación Y Localización Del Área De Estudio.....	21
Figura 2 Relación entre el sistema de transporte y los flujos.	37
Figura 3 Esquema clásico de la descripción de colores de semáforos.....	41
Figura 4 Diagrama de fases	47
Figura 5 Intervalo de Cambio de Fases.	48
Figura 6 Modelo básico del flujo de saturación.....	51
Figura 7 Representación de la trayectoria de un vehículo	56
Figura 8 Representación de las Trayectorias de un Vehículo que Circula a Velocidad	57
Figura 9 Representación de la trayectoria de muchos vehículos.....	58
Figura 10: Representación de la trayectoria de un grupo de vehículos	58
Figura 11 Diagrama Espacio - Tiempo Aplicado a la Coordinación de Intersecciones. .	59
Figura 12 Unidad muestral y puntos de aforo.....	71
Figura 13 Aforo Vehicular.....	74
Figura 14 Semáforo de Tiempo Fijo.....	75
Figura 15 Tiempos de Recorrido.	76
Figura 16 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 1.....	84
Figura 17 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 2.....	85
Figura 18 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 3.....	86
Figura 19 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 4.....	86
Figura 20 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 5.....	87
Figura 21 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 6.....	87
Figura 22 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 7.....	88

Figura 23 Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 9.....	88
Figura 24 Estado actual de los semáforos de estudio	103
Figura 25 Propuesta de la sincronización de semáforos	105

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	65
Tabla 2 Determinación del tamaño de la muestra Fuente	73
Tabla 3 Total de Vehículos por Cada Ciclo Turno Mañana	77
Tabla 4 Total de Vehículos por Cada Ciclo Turno Tarde.....	78
Tabla 5 Total de Vehículos por Cada Ciclo Noche	79
Tabla 6 Ciclos de los semáforos	80
Tabla 7 Cuadro de Distancia de Cada Avenida y Jirón del Tramo Estudiado.....	80
Tabla 8 Distancias Recorridas de Semáforo a Semáforo.....	81
Tabla 9 Tiempos de demora en cada semáforo.....	82
Tabla 10 Tiempo de Recorrido	83
Tabla 11 Velocidad de Recorrido	83
Tabla 12 Cuadro de Resumen Ciclos con Mayor Tránsito	89
Tabla 13 Medidas de Tendencia Central.....	90
Tabla 14 Medidas de Variabilidad del Conteo Vehicular.....	91
Tabla 15 Cuadro de Volúmenes de Tránsito Para un Ciclo de Cada Semáforo.	93
Tabla 16 Factor de la Hora de Máxima Demanda	94
Tabla 17 Porcentaje de Vehículos que Pasan por Cada Semáforo.	95
Tabla 18 Factor de ajustes por efectos de vehículos pesados	95
Tabla 19 Flujos Equivalente Totales.....	96
Tabla 20 Intervalo de cambio de fase	97
Tabla 21 Flujo de Saturación.	98
Tabla 22 Tiempo perdido (L), relación de flujo actual (q) y flujo de saturación (s)	99

Tabla 23 Longitud de ciclo	100
Tabla 24 Ciclos de los Semáforos.....	100
Tabla 25 Tiempos de Cambio de Color Obtenidos en la Investigación.....	101
Tabla 26 Tiempos Finales Para la Sincronización.....	102
Tabla 27 Tiempos de Desfase de los Semáforos Actuales.....	104
Tabla 28 Tiempos de Desfase de los Semáforos Proyectados	106

RESUMEN

Actualmente, la ciudad de Huancayo sufre un problema con el caos vehicular, generando en su mayoría de veces por los vehículos de transporte público, estas generan tráfico recogiendo pasajeros y esperando el cambio de luz en los semáforos, donde los semáforos no siguen una secuencia de dinámica de transporte público. La Municipalidad Provincial de Huancayo ha pretendido en muchas ocasiones dar solución a este problema, haciendo desviaciones en las calles y otros, aun así, el problema sigue persistiendo. En esta investigación se hará la optimización y sincronización de los tiempos de los semáforos para adecuar a la dinámica de transporte público, determinando el tiempo de recorrido total de los vehículos de transporte público, por ende, dar solución al caos vehicular en horas punta. El estudio se realizara en la zona de mayor tránsito, el cual hace mención al recorrido de las empresas de transporte público (E.T SANTA ROSA 30, E.T ROSSED INGIND B, E.T 22 DE MARZO, E.T TC-35 RACIONAL, E.T VIRGO SAC, E.T PIO PATA S.A Y E.T ELOHIM A) que recorre desde el Puente Avenida Huancavelica hasta la Monumento Obelisco Giráldez, para sincronizar un conjunto de semáforos, de tal manera que un vehículo de transporte público, atraviese dicho conjunto, y que estas no pierdan tiempo en los semáforos esperando cambio de color. Para desarrollar la investigación se ha recurrido a utilizar un modelo geométrico, en la que se determina de manera ágil y sencilla la sincronía de los semáforos, para ello se realizaron aforos vehiculares en horas punta, y en distintos puntos del trayecto de sur a norte que transitan las empresas de transporte público antes mencionada.

PALABRAS CLAVES:

Sincronización; Coordinación; Semáforo; Ingeniería de tránsito.

ABSTRACT

Currently, the city of Huancayo suffers a problem with vehicular chaos, generating in most cases by public transport vehicles, these generate traffic collecting passengers and waiting for the change of light at traffic lights, where traffic lights do not follow a sequence of Dynamics of public transport. The Provincial Municipality of Huancayo has tried many times to solve this problem, such as making deviations in the streets and others, even so the problem still persists. This research will optimize and synchronize the traffic light times to adapt to the dynamics of public transport, determining the total travel time of public transport vehicles, so as to solve the traffic chaos at peak times. The study will be carried out in the area south to north, which mentions the route of public transport companies (E.T SANTA ROSA 30, E.T ROSSED INGIND B, E.T 22 DE MARZO, E.T TC-35 RAGIONAL, E.T VIRGO SAC, E.T PIO PATA S.A Y E.T ELOHIM A) 7) that runs from Huancavelica Avenue Bridge to Obelisco Giráldez Monument, To synchronize a set of traffic lights in such a way that a public transport vehicle passes through said set, and that these do not waste too much time at traffic lights waiting for color change. In order to develop the research, we used a geometric model, in which the synchronization of traffic lights was easily and easily determined, for which vehicular traffic was carried out at peak times and at different points along the route from south to north. Transit the above mentioned companies.

KEY WORDS:

Synchronization; Coordination; Traffic light; Traffic Engineering.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de movilizarse de un punto a otro por motivos de trabajo, estudio, paseo, etc. en la ciudad de Huancayo genera un caos vehicular ya conocido por todos nosotros sobre todo en horas punta, vale decir, entre las horas de las 6:30 am a 8:30 am por las mañanas y 6:00 pm a 7:30 pm en las tardes aproximadamente. Es en estas horas que existe una mayor demanda de vehículos de transporte público así como también de vehículos privados, pero los vehículos privados pueden utilizar vías alternas reduciendo de alguna manera el tráfico vehicular de algunas zonas específicas, mientras que los vehículos de transporte público están obligados a transcurrir por su ruta establecida por la municipalidad provincial de Huancayo, atravesando un conjunto de semáforos, muchos de estos semáforos, están diseñados para desatorar par de puntos específicas, mas no así están sincronizadas el uno del otro, de tal forma que un vehículo de transporte público atravesase estos semáforos sin perder mucho tiempo esperando cambio de color para poder transitar.

Esto conlleva a que un vehículo de transporte público debe transitar de un punto a otro en un tiempo determinado, evitando así una congestión vehicular, y que los semáforos deberían estar sincronizados para transitar en tiempos determinados.

Por consiguiente, el objetivo de estas investigaciones es determinar los tiempos que demorarían los semáforos, y el tiempo que deberían tardar los vehículos de transporte público en desplazarse de un punto a otro.

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento de problema

Actualmente, la ciudad de Huancayo tolera un problema de caos vehicular, generado en su mayoría de veces por los vehículos de transporte público, La Municipalidad Provincial de Huancayo ha pretendido en muchas ocasiones dar solución a este problema desviando rutas, cambiando sentido de las vías, y aun así el problema sigue persistiendo sin encontrar solución.

El presente capítulo, describirá y explicara de manera concisa el por qué y para que se realiza esta investigación, explicando, describiendo, formulando y justificando el problema de la mala sincronización de los semáforos ubicados en el Jr. Cuzco y Av. Huancavelica, Jr. Lima y Av. Huancavelica, Jr. lima y Jr. Moquegua, Jr. Lima y Jr. Ralle Real, Jr. Lima y Jr. Ancash, Jr. Pachitea y Av. Giráldez, Jr. Guido y Av. Giráldez, Jr. Huancas y Av. Giráldez y Jr. San Francisco y Av. Giráldez . Y así determinar un tiempo de recorrido los vehículos de transporte público que transcurran por semáforos existentes.

Este tema de investigación, surge a raíz del problema que viene aquejando a la ciudad de Huancayo, desde hace algunos años en cuanto al transporte público, y son estas los que generan tráfico recogiendo pasajeros y esperando el cambio de luz en los semáforos.

La descripción del problema, esta zonificada, se podría hablar de la zona de sur a norte y de zona de sur-este a norte. Una de ellas es la que se va a tratar en esta investigación es la zona sur a norte, el recorrido es de las empresas de trasporte: (E.T SANTA ROSA 30, E.T ROSSED INGIND B, E.T 22 DE MARZO, E.T TC-35 RAGIONAL, E.T VIRGO SAC, E.T PIO PATA S.A

Y E.T ELOHIM A) que comprenden desde el Puente Avenida Huancavelica hasta la Monumento Obelisco Giráldez.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema General.

¿Qué efecto produce la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez?

1.2.2. Problemas Especifico.

- ¿Cuál es el tiempo de recorrido en la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez?
- ¿Qué efecto produce en la sincronización de los semáforos en los tiempos de recorrido desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

En la ciudad de Huancayo transitan miles de vehículos diariamente, en la cual existe poca organización vehicular, donde tiende a crecer en la avenidas y calles mayor fluctuación vehicular y del cual se generan congestionamiento vehicular, con un tráfico alto en horas puntas, esta ocasiona diversas molestias entre los usuarios de vehículos de transporte público, ya que no al poseer un sistema que regule y controles el buen funcionamiento del tránsito vehicular nos vemos la necesidad el presente trabajo de investigación denominado “sincronización de semáforos para

la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos (puente avenida Huancavelica – obelisco Giráldez”

La presente sincronización permitirá optimizar el sistema de los semáforos de manera eficiente para el transporte de vehículos públicos, donde generan alto congestionamiento vehicular en calles y avenidas en la ciudad de Huancayo, para ello se realizó 30 ciclos, distancia entre tramos, ancho de la vía, tiempos de semáforos tiempos de demora en cada tramo en horas punta, en la mañana desde 6:00 am hasta 8:30 am, tarde desde 12:30pm hasta 2:30 pm y noche 7:00pm hasta las 8:00 pm, y así adentrándonos en un ciclo hasta alcanzar del tránsito vehicular en los tramos intervenidos.

Se espera con la presente sincronización semáforos, en la ciudad de Huancayo disminuya paulatinamente el tráfico vehicular, que albergan cada día las avenidas desde puente avenida Huancavelica hasta obelisco Giráldez, ya que este beneficio está implícito para toda la ciudad y medios de transporte.

1.3.2. Teórica

teóricamente este trabajo de investigación está desarrollado bajo la técnica basada en la observación mediante el conteo vehicular, tomando como base los semáforos que se encuentra en cada tramo de estudio, los tiempos de recorrido de los vehículos de transporte público, el ancho de la vía y el tiempo de cambio de cada semáforo, teniendo como finalidad disminuir los tiempos de recorrido de los vehículos para llegar a su finalidad en tiempos óptimos.

1.3.3. Metodológica

El presente trabajo de investigación, metodológicamente sirve para futuros investigadores, que quieran mejorar el diseño de este trabajo o tomarlo como guía, para su uso en otras áreas de control, que deseen plantear.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Económico

Para realizar el conteo de vehículos óptimos y adecuados, nos limita económicamente porque se requeriría un presupuesto adicional y necesario para adquirir la compra de cámaras en cada tramo de la vía en estudio.

1.6. Social

Socialmente las limitaciones fueron el tránsito peatonal en cada ubicación de los estacionamientos de los semáforos y la ausencia del personal de tránsito municipal y PNP en cada tramo de estudio.

1.7. Objetivos de la investigación.

1.7.1. Objetivo General.

Determinar el efecto que produce la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.

1.7.2. Objetivos Específicos.

Para alcanzar el objetivo general enunciado en el numeral anterior, se debe lograr los siguientes objetivos específicos.

- Determinar el tiempo de recorrido en la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.
- Optimizar el tiempo de recorrido con la sincronización de los semáforos actuales desde Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez.

1.8. Justificación e Importancia de la Investigación.

Los semáforos que existen actualmente en la ciudad de Huancayo, fueron instalados en cada distrito por sus propios municipios y ellos solo pusieron por su propia necesidad, sin ver la sincronía que pueda haber respecto a otro semáforo. Actualmente en la ciudad de Huancayo no existe una entidad que se encargue en el control del tráfico en general, los municipios se hacen responsables de su territorio y no trabajan en conjunto con los demás municipios, esto conlleva a un deficiente sistema de transporte que tiene que vincularse.

La presente investigación pretende optimizar los tiempos de los semáforos y sincronizarlos, y así determinar un tiempo de recorrido total que deberían tener los vehículos de transporte público.

La importancia de la presente investigación, radica en dar una solución al caos vehicular que se tiene en la provincia de Huancayo en horas punta, lo cual beneficiaría a la población en general a llegar rápidamente a su destino, evitándose demoras, estrés por el caos vehicular, cansancio, etc.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se trataría la fundamentación teórica de temas concernientes a la sincronización de semáforos, al transporte público y al tráfico vehicular. Estos conceptos estarán fundamentados en diversos autores, cuyas investigaciones serán analizadas y aplicadas para la obtención del objetivo principal y los objetivos secundarios, cabe señalar que los conceptos son definidos y aceptados hasta la fecha de las variables identificadas para el desarrollo de la investigación.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

La mayoría de las investigaciones referidas a este tema, están orientadas a puntos específicos o lugares concretos, y en ellas proponen diversas formas de solución al tráfico vehicular, a continuación, veremos algunas investigaciones que tratan de este problema a nivel nacional e internacional.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

(Piña pacheco y Zúñiga López 2017). Según su tema de investigación: “Análisis comparativo del sistema tradicional de semaforización vs una propuesta de semaforización inteligente, para la reducción del congestionamiento vehicular, en la Ciudad de Guayaquil.” El presente proyecto de tesis consta en un análisis comparativo entre el sistema de semaforización actual utilizado en la ciudad de Guayaquil y un sistema propuesto de semaforización inteligente. El sistema actual utilizado consta de semáforos que utilizan la sincronización vía PLC en el cual en las horas pico se denota un grado alto de congestionamiento en ciertas zonas consideradas críticas en este ámbito, según las encuestas realizadas se alteran los tiempos de llegada, aumenta la inseguridad o lo actos delictivos mientras transcurre la congestión, cambios en el estado de animo de las personas por estos motivos se propuso un sistema de semaforización inteligente en la cual consistirá en la detección del tráfico vehicular mediante sensores ubicados a lo largo de las avenidas y disminuirá la duración estándar de cada semáforo con la finalidad de reducir tiempos de espera para darle fluidez a la intersección. La cantidad de agentes de tránsito en zonas críticas de congestión vehicular ha ido en aumento a lo largo de los últimos meses, la posible implementación lograría que dichos agentes sean redistribuidos a otras zonas y realicen otras actividades requeridas. Otro de los aspectos a tomar en consideración de la comparativa es la del

ahorro que se obtendría en tiempos de espera, costos de implementación y el consumo energético, este último mencionado brindaría un impacto ambiental positivo a los ciudadanos

(León Pindo 2017), en su trabajo de investigación titulado: “Análisis del flujo vehicular en las intersecciones semaforizadas del centro de la ciudad de Pasaje” El presente proyecto de investigación tuvo el objetivo de determinar el flujo vehicular mediante los datos recopilados en el área de estudio con la finalidad de conocer el comportamiento vehicular que presenta las intersecciones semaforizadas del Cantón Pasaje. Tener un flujo vehicular eficiente es uno de los factores esenciales para el desarrollo de un país, una ciudad o una región, por lo que algunas ciudades del mundo han realizado estudios para reducir los riesgos que se generan al tener una máxima demanda vehicular debido al crecimiento poblacional y por ende vehicular, presentándose ésta problemática sobre todo en las intersecciones por ser un punto donde confluyen varias líneas de flujo provocando conflictos entre vehículos o entre el vehículo y el peatón, es decir, la dificultad de la circulación del tráfico provoca accidentes y congestionamiento e inclusive aumenta el ruido y la contaminación. Mediante revisiones bibliográfica relacionadas con el tema incluimos en el documento cuadros y figuras estadísticas de la composición vehicular, la variación horaria y diaria de volumen de tránsito de cada intersección de estudio que se obtienen mediante la recolección de datos por medio de aforos manuales durante dos semanas consecutivas por nueve horas, además, incluimos la descripción metodológica y los resultados del estudio del tráfico promedio diario anual y la aplicación del programa Synchro 8 para optimizar el flujo vehicular mediante la sincronización semafórica por ser una medida de solución que presentan algunos países para controlar el flujo vehicular cuyos resultados están en función del tráfico de las horas de máxima demanda vehicular que se presentan en las intersecciones de la ciudad de Pasaje entre la calle Bolívar y Ochoa León, entre la calle 10 de Agosto y Ochoa León y entre la calle Sucre y

Municipalidad ubicadas en el Parque central y en Las 6 Esquinas entre la Avenida Quito y Bolívar y la intersección entre la Avenida Quito e Independencia. Como resultado se tiene que en el Parque central en su mayoría circula autos seguido de motos, camiones y buses livianos con niveles de servicio A, A, y B en las intersecciones, mientras que, en Las 6 Esquinas en su mayoría tenemos autos, motos, buses y camiones livianos y pesados con un nivel de servicio en la intersección de B. Además, la intersección entre la calle Bolívar y Ochoa León y entre la Avenida Quito y Bolívar son las intersecciones de mayor tránsito, presentándose en dichas intersecciones la hora de máxima demanda vehicular de 12:00 a 13:00 horas con más de 900 vehículos mixtos/ hora. Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones del flujo vehicular existente en nuestro país con la finalidad de dar una solución acorde a los problemas de tránsito que surgen, ya sea por la sincronización de semáforos u otros métodos, y brindar un mejor desarrollo al país, sobre todo en cuanto a sus infraestructuras viales. Además, es recomendable que para la cuantificación del número de vehículos que transitan en la zona de estudio contar con personas capacitadas en el tema y recolectar la información sobre todo en las horas más representativas del día. Por lo que, considerando todos estos aspectos contaremos con vías que garanticen seguridad a los conductores, peatones y usuarios del transporte.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

(Gonzalez mamany,2018) en su trabajo de investigación: “Evaluación y optimización de los flujos vehiculares y fases de semáforos para mejorar la capacidad vial y los niveles de servicio en las intersecciones con niveles de servicio inadecuados dentro del centro histórico de la ciudad del Cusco” Este proyecto se dirigió principalmente a la evaluación y optimización de los flujos vehiculares y tiempos de fases de los semáforos de 21 intersecciones, 11 semaforizadas y 10 no semaforizadas, ubicadas en el CHC; donde se realizó la recolección de los volúmenes vehiculares

y tiempos de fases de los semáforos, como fuente de información para la modelación, mediante el uso de un software de modelación macroscópica (SYNCHRO 9), así se pudo determinar la capacidad vial y niveles de servicio de la situación actual y posteriormente la optimización, esto con el fin de proponer mejoras en las intersecciones de la muestra investigada del CHC. Se planteó un nuevo sistema con nuevas alternativas de solución, como la creación de 02 pasos a desnivel en las intersecciones críticas, acompañado de la optimización de las fases de los semáforos, y así se creó un nuevo sistema optimizado. Como resultado de la evaluación y optimización de las 21 intersecciones se consiguió mejorar 6 intersecciones para los niveles de servicio y 03 intersecciones para las capacidades viales. Como aporte de esta investigación se recomienda realizar estudios de simulación a nivel microscópicos y también la sincronización y automatización de las intersecciones semaforizadas, además de mejorar la infraestructura vial, proponiendo 02 pasos a desnivel en las intersecciones planteadas en esta investigación

(Huapaya Condori, 2017) en su investigación titulada: “Diseño de un sistema integrado del control de la semaforización del tránsito vehicular en el casco urbano del cercado de Huánuco –2017” tuvo como objetivo de estudio plantear un diseño para un plan integrado de semaforización de la ciudad de Huánuco con el fin de reducir el tiempo que se requiere para el transporte y los embotellamientos de vehículos que se generan. Para ello se realizó un diagnóstico de la problemática identificando los puntos más críticos del embotellamiento de la ciudad. También se identificaron los problemas por la mala distribución de las señales de tránsito y la falta del respeto de los reglamentos y ordenanzas municipales, esto se suma también la falta de un estudio técnico para las instalaciones de los semáforos del tránsito, los que están instalados por la municipalidad, sin tener prioridades ni sincronizaciones entre ellos; por lo que los ciudadanos tienen que destinar

mayor tiempo en el transporte. Por eso se está planteando el Diseño de un Sistema Integrado del Control de la semaforización del tránsito vehicular. Esta investigación pretende demostrar todos los recursos con los que cuenta nuestra ciudad en cuestiones del tránsito vehicular, es decir su infraestructura, reglamentos de tránsito, dispositivos, leyes y ordenanzas; con la finalidad de solucionar los problemas que aquejan a los ciudadanos de Huánuco.

(Corilla Huamán y Carmen Patricia 2018) en su trabajo de investigación titulada: “Propuesta de mejora del nivel de servicio del tránsito vehicular en la Av. Huancavelica - tramo Av. 13 de Noviembre y Paseo La Breña en la ciudad de Huancayo” El tema de investigación es propuesta de mejora del nivel de servicio del tránsito vehicular de la Av. Huancavelica - tramo Av. 13 de Noviembre y Paseo La Breña en la Ciudad de Huancayo. La contrastación de la hipótesis demuestra que, si existe mejora significativa en el nivel de servicio del tránsito vehicular después de implementar las propuestas asociadas en las intersecciones de la avenida Huancavelica con 13 de Noviembre, Pje. La Merced, Jr. La Merced, Jr. Santa Rosa, Jr. Ayacucho, Jr. Cuzco, Jr. Puno y Paseo la Breña. El trabajo describió el análisis de condición actual de la zona de estudio como: tipos de transporte, condiciones actuales de señalización, esquema geométrico, esquema de giros, esquema de semáforos, conteo vehicular, volúmenes y niveles de servicio que detallan el estado real de cada uno de las intersecciones. Después de obtener los datos se analizó y se evaluó con las propuestas implementadas: La primera propuesta fue en optimizar de ciclos de semáforos, la segunda propuesta fue la no inclusión de transporte de carga pesada y la tercera propuesta fue implementación de buses troncales en remplazo al transporte publico actual. Además de ello se propone implementar olas verdes. Finalmente, se redujo el nivel de servicio de estas intersecciones, pasando de un comportamiento inestable a estable, brindando comodidad al

usuario. Asimismo, el tiempo de traslado mejoró en la Avenida Huancavelica desde la Avenida 13 de Noviembre hasta Paseo La Breña y viceversa, exhibiendo una mejora considerable, todo esto debido a la implementación de las propuestas asociadas, que hace que la línea tenga un flujo libre. Para el año actual y una proyección a 5 y 10 años, basándose en el crecimiento vehicular de la Provincia de Huancayo.

2.2. Marco conceptual

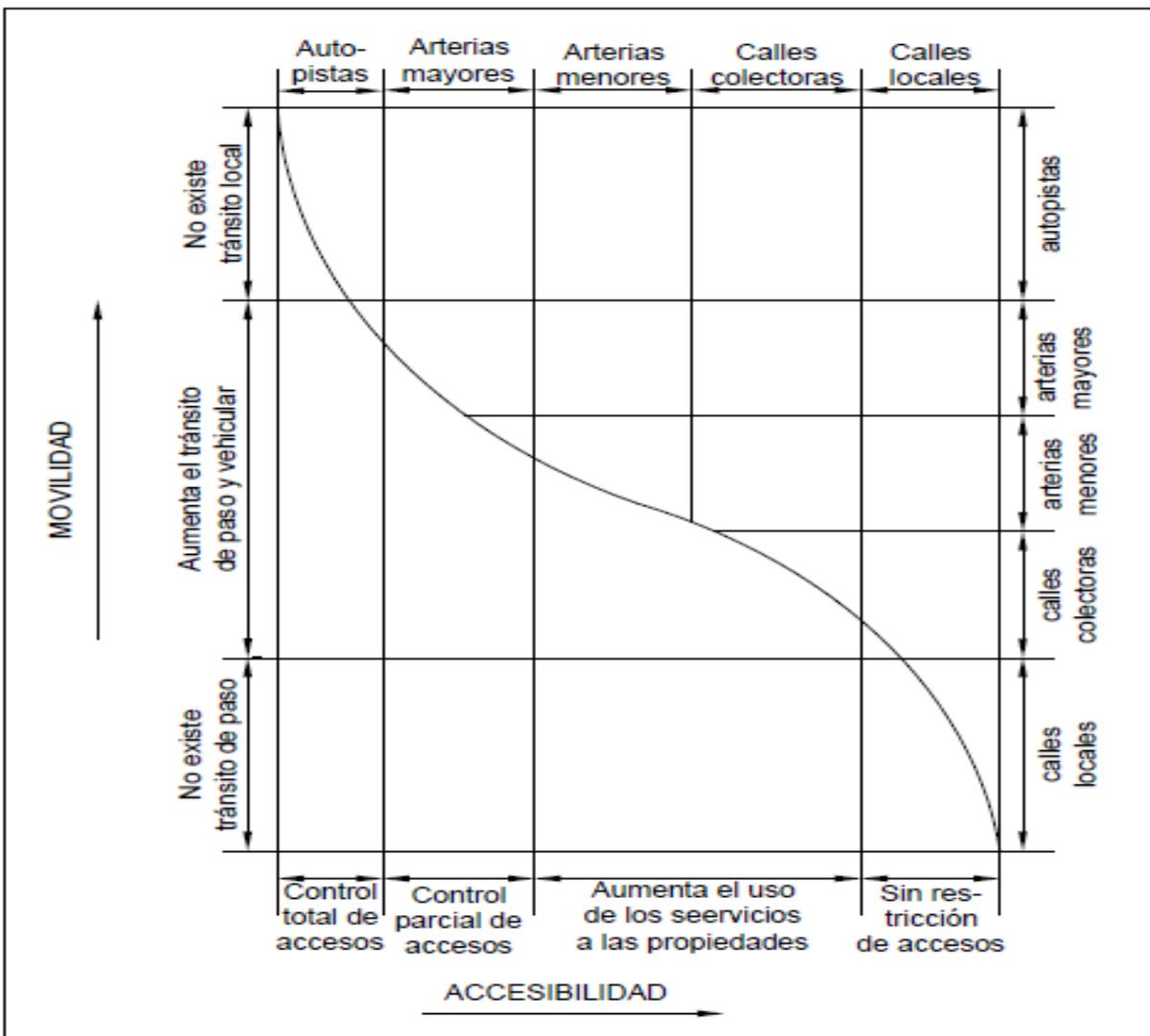
2.2.1. Sistema Vial Urbano.

Como tal se comprende a aquellos espacios de dominio y usos públicos destinados a posibilitar la circulación de personas, vehículos y al estacionamiento de estos últimos, así como sus elementos funcionales. En términos de movilidad y accesibilidad se clasifica como en la figura (**Figura 2**). Con el propósito de unificar y simplificar la nomenclatura se clasifica de la siguiente manera: (Cárdenas et al., 2000)

- **Autopistas y vías rápidas:** las autopistas son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel, pero puede ser la etapa anterior de una autopista. Estos dos tipos forman parte del sistema o red vial primaria de un área urbana.

Figura 2

Movilidad y Accesibilidad de un Sistema Vial Urbano



Tomada de (Cárdenas et al., 2000)

- Calles principales. Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito, y se conectan con el sistema de autopistas o vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el

tránsito en toda la ciudad, en todas las direcciones.

- Calles Colectoras. Son las que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- Calles locales proporcionan acceso directo a las propiedades, sean estas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

2.2.2. Capacidad Vial.

En las fases de planeaciones, estudios, proyectos y operaciones de las carreteras y calles, la demanda de tránsito, se presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta. Aparte del estudio de la capacidad de las carreteras y calles, el propósito que también generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de arteria (Gómez Johnson, 2014)

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no solo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

La capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. Se establece una serie de procedimientos para el cálculo de su capacidad: (Gómez Johnson, 2014)

condiciones prevalecientes: de infraestructura vial, de tránsito y de control.

Nivel de servicio: Para medir la calidad de flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de

sus percepciones por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la comodidad y la seguridad vial.

2.2.3. Volumen de Tránsito.

Al proyectarse unas carreteras o calle, las selecciones del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen principalmente de los volúmenes de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo.

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril, durante un periodo determinado. (Cárdenas et al., 2000)

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos / periodo).

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos).

T = Periodo determinado (unidad de tiempo).

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora.

2.2.3.1. Volúmenes de Tránsito Horario.

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora.

2.2.3.2. Variaciones de Volúmenes de Tránsito en la Hora de Máxima Demanda.

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y

consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día. Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora.

A la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo (Max), matemáticamente se expresa.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{m\acute{a}x})} \quad (2)$$

Donde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{m\acute{a}x})} \quad (3)$$

2.2.4. Congestionamiento.

En los periodos de máxima demanda, el movimiento el movimiento vehicular se va tornando deficiente con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento con las siguientes demoras y colas asociadas. Las demoras pueden causarlas los dispositivos para el control de transite al interrumpir el flujo, y las ocasionadas pos la misma corriente de vehicular en situaciones de flujo continuo. En el primer caso, todos los tipos de semáforos, así como las señales de ALTO y CEDA EL PASO producen

detenciones en un viaje normal. En el segundo caso, se tienen demoras periódicas que ocurren corriente arriba de cuellos de botella durante las mismas del día, y las demoras no periódicas producto de incidentes (accidentes o vehículos descompuestos) o cierres eventuales de un carril o calzada. (Cárdenas et al., 2000)

En breves palabras congestiónamiento es movimiento deficiente de vehículos, saturación de vehículos, pérdida de tiempo y velocidad, pérdida económica. Podemos medir el congestiónamiento mediante la comparación de movimientos en condiciones ideales, lo podemos medir en las unidades de velocidad y retardo. El congestiónamiento de una carretera o de una calle es dado comparando este camino con otro que funciona en condiciones ideales y en unidades de velocidad y tiempo de retardo.

Para conocer el grado de congestiónamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de crucero.

Decimos que el tiempo total de recorrido es el tiempo que nos lleva desde el momento de iniciar la marcha hasta detener el vehículo. El tiempo de retardo será aquel tiempo invertido durante el recorrido y en el cual el vehículo no está en movimiento.

Este caso se presentaría en los semáforos, al detenerse otro vehículo enfrente del nuestro; al pasar un peatón, etc. Además, hay otros casos en que tendríamos que hacer alto, por ejemplo, al llegar a una avenida que tiene derecho de paso; por detenernos a esperar que bajen o suban los pasajeros de un autobús, etc. (Gómez Johnson, 2014)

2.2.5. Transporte público.

El transporte público es el término aplicado al transporte colectivo de pasajeros. A diferencia del transporte privado, los viajeros de transporte público tienen que adaptarse a los

horarios y a las rutas que ofrezca el operador. Usualmente los viajeros comparten el medio de transporte y está disponible para el público en general. (Cárdenas et al., 2000)

El contenido de este capítulo presenta los aspectos generales de los sistemas de transporte urbano, haciendo en referencia primeramente al transporte de superficie cuyo exponente principal es el autobús. Según Cárdenas et al., (2000) “El transporte público es el término aplicado al transporte colectivo de pasajeros. A diferencia del transporte privado, los viajeros de transporte público tienen que adaptarse a los horarios y a las rutas que ofrezca el operador”. Usualmente los viajeros comparten el medio de transporte y está disponible para el público en general.

El transporte urbano es un componente clave de muchas ciudades exitosas del siglo 21. Ofrece flexibilidad y accesibilidad que muchas otras tecnologías no pueden competir, y puede abordar una serie de objetivos como la movilidad, la accesibilidad, la sustentabilidad y la prosperidad económica.

Sin embargo, los proveedores de transporte y las autoridades locales siguen enfrentándose a muchos retos difíciles. A pesar de una creciente presión para proporcionar medios de transporte más sustentables para las zonas urbanas, también estamos experimentando una época de oportunidades de reducción de financiación y una continua dependencia del transporte privado, aumentando la demanda vehicular.

Para Molinero Molinero & Sánchez Arellano, (2005) “Los autobuses son medios de transporte público urbano que normalmente operan en la vialidad urbana compartiendo su derecho de vía con otros vehículos (tránsito mixto), tienen capacidad de operar casi en cualquier calle. La

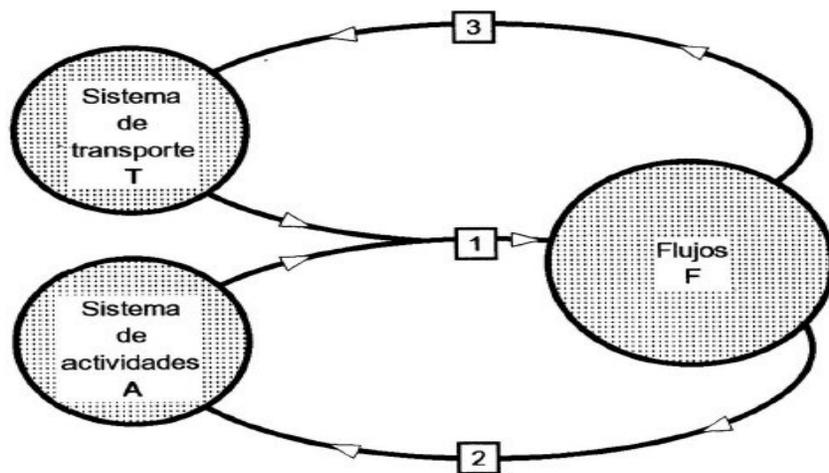
infraestructura que necesita es mínima, sea en la implementación, cambios y extensiones de rutas y paradas es rápida y sencilla de hacer".

2.2.6. Sistema de Transporte.

El sistema de transporte de una ciudad está estrechamente relacionado con su sistema socioeconómico. En efecto, el sistema de transporte usualmente afecta de manera cómo los sistemas socioeconómicos crecen y cambian y, a su vez, las variaciones en su sistema socioeconómicos generan cambios en el sistema de transporte. En la figura, se ilustra esta relación con base a tres variables básicas:

- Los sistemas de transporte T.
- Los sistemas de actividades A, esto es, el patrón de actividades sociales y económicas que se desarrollan en la región.
- Las estructuras de flujo F, esto es, los orígenes, destinos, rutas y volúmenes de personas y cargas que se mueven a través del sistema.

Figura 3
Relación entre el sistema de transporte y los flujos.



Tomada de [(Cárdenas et al., 2000)]

En el diagrama se puede identificar tres clases de relaciones entre las variables: “la relación 1 indica que los flujos F que se presenta en el sistema son el producto de las intersecciones entre el sistema de transporte T y el sistema de actividades A. La relación 2 señala que los flujos F causan cambios en el sistema de actividades A en el largo plazo, a través del patrón de servicio ofrecido y de los recursos consumidos en proveerlos”. “Y la relación 3 advierte que los flujos F observados en el tiempo generan cambios en sistema de transporte T”, “obligando a que los operadores y el gobierno desarrollen nuevos servicios de transporte o modifiquen los existentes. En este marco del sistema global de transporte se puede concluir que la sociedad utiliza el transporte como un servicio (necesidades)”, “que se presta mediante la unión de los múltiples lugares donde se llevan a cabo las distintas actividades (beneficios). Es así, como en cada lugar donde la civilización ha encontrado un uso del suelo, el transporte forma parte de la economía que encierra una región, una nación y, por qué no decirlo”, el mundo entero. (Cárdenas et al., 2000)

2.2.7. Estudios Técnicos.

Para realizar los trabajos de campo del estudio es necesario, “hacer un reconocimiento en el que se observa el funcionamiento de las diferentes rutas, frecuencias de salida y llegada de vehículos”, tiempos de recorrido, condiciones y capacidad de los vehículos, horarios de funcionamiento y condición de las vías.

A continuación, se citan los parámetros más importantes a usar en este trabajo. (Cárdenas et al., 2000)

2.2.7.1. Tiempo de Recorrido. Se trata de determinar el tiempo total de recorrido, haciendo un análisis de los tipos, causas y magnitud de los retardos que ocurren en la ruta.

Este factor es indispensable para la buena operación de una ruta, además dependen de las condiciones de tránsito, eficiencia de la operación y el equipo.

“Permite determinar los tiempos de recorrido para la hora de máxima demanda y los tiempos de recorrido para las horas de baja demanda”.

Generalmente se hace la medición a lo largo de toda la ruta, ya sea los tiempos de recorrido y de retardos, es decir, todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por las vías, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. Pero no incluyen las demoras fuera de la vía, como pueden ser para las gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc. (Cárdenas et al., 2000)

2.2.7.2. Velocidad de Recorrido. Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la “suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media recorrida se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. Así la velocidad media recorrida es una velocidad media espacial o con base en la distancia”.(Cárdenas et al., 2000)

2.2.7.3. Velocidad de Marcha. Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontar ‘a del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier

causa. Por lo tanto, esta velocidad por lo general será de valor superior a la de recorrido. (Cárdenas et al., 2000)

2.2.8. Semáforos.

2.2.8.1. Definición.

Los semáforos son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control. (Cárdenas et al., 2000)

Con base en el mecanismo de operación de los controles de los semáforos, estos se clasifican en:

- Semáforos para el control del tránsito de vehículos.
- Semáforos para pasos peatonales.
- Semáforos especiales.

Los colores de los semáforos deberán ser como sigue:

Rojo fijo: Los conductores de los vehículos se detendrán antes de la raya de parada.

Amarillo fijo: Advierte a los conductores de los vehículos que está a punto de aparecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse.

Verde fijo: Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba dichas vueltas.

Figura 4

Esquema clásico de la descripción de colores de semáforos



Tomada de (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras, 2016)

2.2.9. Sistema de SemafORIZACIÓN.

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados específicamente para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el verde, el amarillo y el rojo. Su finalidad principal es la permitir el paso de vehículos y peatones, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. (Cárdenas et al., 2000).

Son un conjunto de semáforo ubicados en las intersecciones de las calles con el fin de descongestionar el tráfico y brindar seguridad a los peatones.

2.2.10. Ventajas y Desventajas.

Se menciona las ventajas y las desventajas según (Carrasco Avendaño & Wazhima Clavijo, 2012).

Ventajas:

- Ordenan las circulaciones de los tránsitos.
- Optimizan las capacidades de las calles.
- Reducen la frecuencia de cierto tipo de accidentes.

- Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener una circulación continua o casi continua.
- Sincronizan las circulaciones a velocidades constantes en una ruta determinada, en algunos casos con fines de seguridad.
- Interrumpen grandes volúmenes intensos de unas vías, para conceder el paso de vehículos y peatones de vías transversales.
- En mayoría casos representa una economía considerable con respecto a la utilización de otras formas de control como por ejemplo señales o policías de tránsito.

Desventajas:

- Esto lleva en gastos no justificable para las soluciones que podían haberse resueltos solamente con señales o en otra forma económicas.
- Causan demoras injustificadas a ciertos números de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesivas duraciones de luz roja o del tiempo total del ciclo.
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las ciertas horas del día, cuando existe escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos.
- Si las conservaciones son deficientes, especialmente en casos de focos dañados o interrupciones de los servicios eléctricos.
- En intersecciones rurales, la aparición intempestiva de un semáforo ocasiona accidentes cuando no hay avisos previos adecuados.

2.2.11. Parámetros de Control en los Semáforos.

De acuerdo a Carrasco Avendaño & Wazhima Clavijo, (2012).

Se Consideran los siguientes parámetros.

Indicación de Señal: es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.

Ciclo o Longitud de Ciclo: está referido al tiempo necesario para que el disco indicador efectúe unas revoluciones completas. En otras palabras, es el tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones de señal de los semáforos.

Movimientos: maniobras o conjuntos de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y coinciden en una misma fila.

Intervalos: cualquiera de las diversas divisiones de los ciclos, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.

Fases: parte de los ciclos asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de pasos, durante uno o más intervalos. Es la selección y ordenamientos de movimientos simultáneos. Una fase puede significar un solo movimiento vehiculares, un solo movimiento peatonales, o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales. Una fase comienza con la pérdida del derecho de paso de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan. Un movimiento pierde el derecho de paso en el momento de aparecer la indicación ámbar.

Secuencia de Fases: Orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.

Reparto: Porcentaje de la longitud del ciclo asignado a cada una de las diversas fases.

Intervalo de Despeje: Tiempo de exposición de la indicación ámbar del semáforo que siguen a los intervalos verdes. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.

Intervalo Todo Rojo: tiempos de las exposiciones de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara a circular. Existe unos intervalos de tiempo en donde los semáforos de las

intersecciones se encuentran en de colores rojos, es decir prohibido el paso para ambos sentidos, estos lapsos de todo rojo. “ocurre en el primer segundo de rojo en la calle que termina de perder el paso. Es utilizado este lapso de tiempo por seguridad para que los vehículos puedan atravesar la intersección, es utilizado también para crear una fase exclusiva para peatones”.

Intervalo de Cambio de Fases: Intervalo que puede consistir solamente en un intervalo de cambio ámbar o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo.

2.2.12. Clasificación de los Semáforos.

Bañón & Beviá, (2000) afirman que, según su modo operativo, pueden distinguirse distintos tipos de semáforos:

De Tiempos Fijos: “Su funcionamiento es extremadamente simple, limitándose a cumplir un programa que previamente se le ha introducido, sin posibilidad de variarlo por otro método que no sea su reprogramación directa. Funciona relativamente bien en zonas de baja densidad de circulación, aunque tiene el inconveniente de no adaptarse a las variaciones que el tráfico experimenta a lo largo del día”.

De Tiempos Variables: “Consta de varios programas que se adaptan a las diversas situaciones de tráfico, previstas y estudiadas de antemano. Su regulación puede ser manual o mediante un temporizador que escoja uno u otro programa según la hora del día”.

Accionados y Semiaccionados: “En este tipo de semáforos se produce una regulación continua del tráfico, adaptándose automáticamente a las circunstancias. Para ello, disponen de una serie de dispositivos detectores, encargados de registrar la intensidad de tráfico existente en cada una de las vías”.

De Control Centralizado: “Todos los semáforos se hallan conectados a un ordenador central, que se encarga de detectar el tráfico existente no solo en la intersección, sino en sus

alrededores, analizar los datos y regular cada una de las fases en función de la demanda. Este tipo de sistema de regulación se ha impuesto en los grandes núcleos urbanos y, poco a poco, va introduciéndose en pequeñas y medianas ciudades”.

Peatonales: “Llevar un dispositivo en su báculo soporte para que el peatón puede accionarlo, y de esta forma detener los vehículos y efectuar el cruce. Generalmente son semáforos cuya única finalidad es esta, y no cumplen tareas de regulación del tráfico rodado”.

Según *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras*, (2016). La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control:

1. Semáforo para los vehículos
 - Semáforo fijos o pre sincronizados.
 - Semáforo sincronizado por el tránsito.
 - Semáforo adaptado al tránsito.
2. Semáforo para peatones
3. Semáforo especiales
 - Semáforo de destellos o intermitente.
 - Semáforo para regular el uso de carriles.
 - Semáforo para paso de vehículos de emergencia.
 - Semáforo para indicar la aproximación de trenes.
 - Semáforo para regular el uso de carriles de peajes.

2.2.12.1. Semáforos de Tiempo Fijo.

Los semáforos de tiempo fijo son las que se utilizan: “en las intersecciones donde los patrones de tránsito son relativamente estables, o en las variaciones de intensidad de la circulación

se puede adaptar a un programa previsto, sin ocasionar demoras o congestionamientos excesivos. Los controles de tiempo fijo, se adaptan especialmente a intersecciones en las que se desea sincronizar el funcionamiento de los semáforos con los de otras instalaciones próximas”.

Según Cárdenas et al.,(2000),Sus principales ventajas son las siguientes:

- Facilitan las coordinaciones con semáforos adyacentes, con precisión que en el caso de semáforos accionados del tránsito.
- No dependen de los lectores, por lo que no se afecten desfavorablemente cuando se impide la circulación normal de los vehículos por los detectores.
- En general, “los costos del equipo de tiempo fijo son menor que el del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla”.

2.2.13. Cálculos de los Tiempos de los Semáforos.

Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos. Así se logrará admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección . Este debe ser un objetivo permanente que no debe olvidarse.

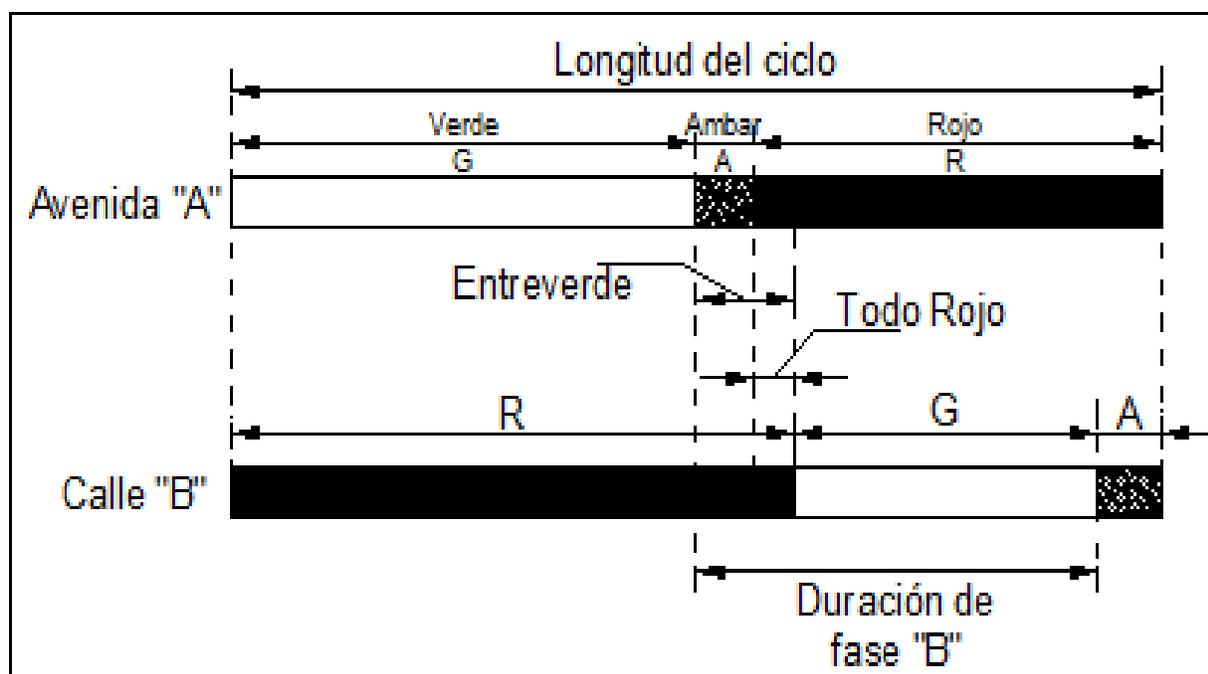
En general, el número de fases diferentes debe reducirse al mínimo, considerando la seguridad y la eficiencia. La selección de los movimientos dentro de cada fase debe tender a reducir a un mínimo la frecuencia y gravedad de los puntos de conflicto. Igualmente, la secuencia de las fases debe tratar de reducir las demoras .

Como se mencionó, una fase comienza con la pérdida del derecho de paso (final del verde), de los movimientos de los que están en conflicto con los que ganan el derecho. Esto es, la fase comienza con el ambas que previene para detener los movimientos de los que pierden el

derecho de paso y termina con el final del verde de los que lo tenían. Por lo tanto, una fase consta de un intervalo ambas, uno todo rojo y uno verde. En la **Figura 5** se observa en forma esquemática los conceptos de longitud de ciclo, intervalos y fases.

Figura 5

Diagrama de fases



Tomada de (Carrasco Avendaño & Wazhima Clavijo, 2012)

Las distribuciones de los tiempos de cada fase deben estar en relaciones directas con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes. En otros términos, las duraciones de cada fase y del ciclo dependerá de la demanda.

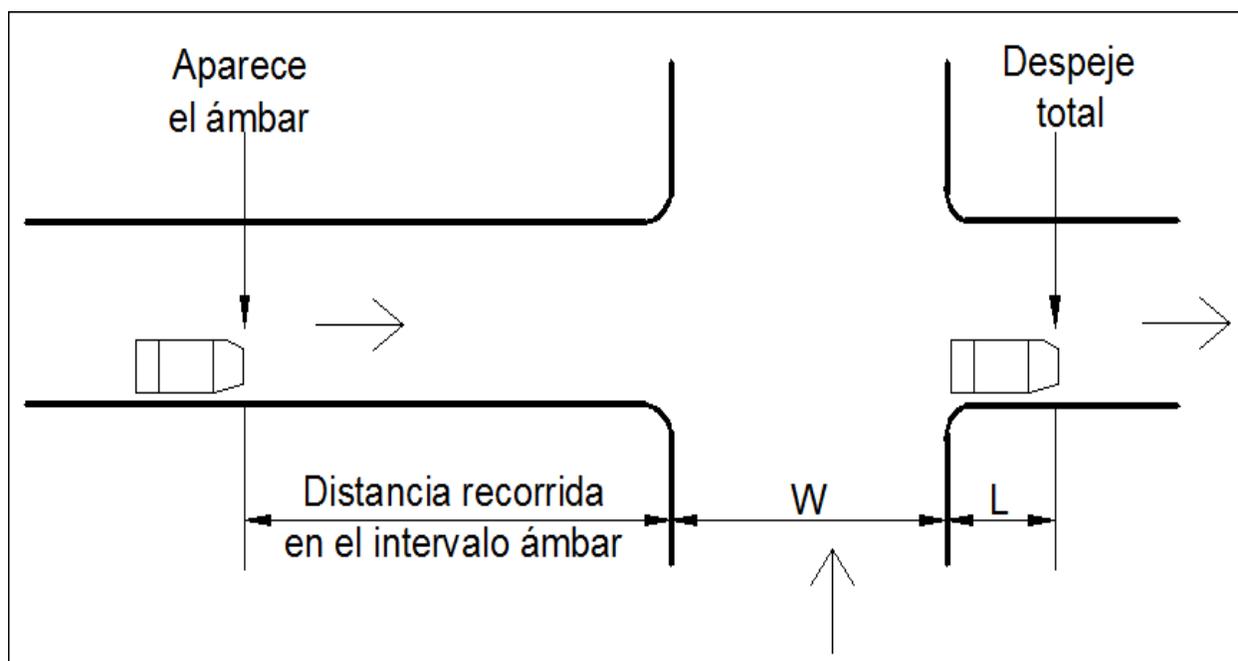
Si los intervalos entre los vehículos que entran a unas intersecciones, durante la hora de máxima demanda, es aproximadamente igual en los carriles críticos de las calles que se intersecan, la subdivisión del tiempo total del ciclo con indicación verde, será aproximadamente correcta si los lapsos correspondientes a cada calle se hacen directamente proporcionales a los volúmenes de tránsito en los carriles críticos.

2.2.13.1. Intervalos de Cambios de Fases.

La función del intervalo de cambio de fase, es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección del derecho al uso de la intersección. ¿Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de reacción del conductor, tiempo y espacio de desaceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección, de acuerdo a la

Figura 6

Intervalo de Cambio de Fases.



Tomada de (Cárdenas et al., 2000)

Intervalo de cambio de fase = Ámbar + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right) \quad (4)$$

Donde:

y = Intervalo de cambio de fase, ámbar más todo rojo (s)

t =Tiempo de percepción y reacción del conductor (usualmente 1.0 s)

v = Velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a =Tasa de desaceleración (valor usual 3.05 m/s²)

W =Ancho de intersección (m)

L =Longitud del vehículo (valor sugerido 6.10m).

2.2.13.2. Longitud del Ciclo.

F. V Webster con base en observaciones de campo y simulación de un amplios rangos de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en unas intersecciones con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad (5)$$

C_0 . =Tiempo óptimo de ciclo (s.)

L . =Tiempo total perdido por ciclo (s.)

Y_i . =Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i .

ϕ =Número de fases.

2.2.13.3. Vehículos Equivalentes.

Si todos los vehículos que salen de una intersección con semáforo son automóviles que continúan de frentes, se tendrían las tasas máximas de flujos, a intervalos aproximadamente iguales. Sin embargo, en las mayorías de los casos la situaciones es más compleja por la presencia de vehículos pesados y movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha. Para tener en cuenta estos aspectos, es necesario introducir factores de equivalencia.(Cárdenas et al., 2000).

El factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (6)$$

f_{vp} =Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

$P.C.$ =Porcentajes de camiones.

$P.B.$ =Porcentajes de autobuses.

$P.R.$ =Porcentajes de vehículos recreativos.

$E.C.$ =Automóviles equivalentes a un camión.

$E.B.$ =Automóviles equivalentes a un autobús.

$E.R.$ =Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

Por otra parte, se requiere tener factores por movimientos de vuelta, puesto que en estas maniobras los vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos factores, EV , que se utilizan para convertir automóviles que dan vuelta, a automóviles equivalentes que no la dan, varían de 1.4 a 1.6 para vueltas hacia la izquierda y de 1.0 a 1.4 para vueltas hacia la derecha. Igualmente, los volúmenes horarios de máxima demanda, VHMD, deben ser convertidos a tasa de flujo, λ , y que, a través del factor de la hora de máxima demanda, FHMD, para el cual, en casos de proyecto y diseño de planes de tiempos del semáforo, se sugiere un valor de 0.95.

De estas maneras, los volúmenes horarios mixtos, V.H.M.D., se convierten a flujos automóviles directos, que no dan vuelta, equivalentes por hora, q_{ADE} , mediante la siguiente expresión

2.2.13.4. Flujo de Saturación y Tiempo Perdido.

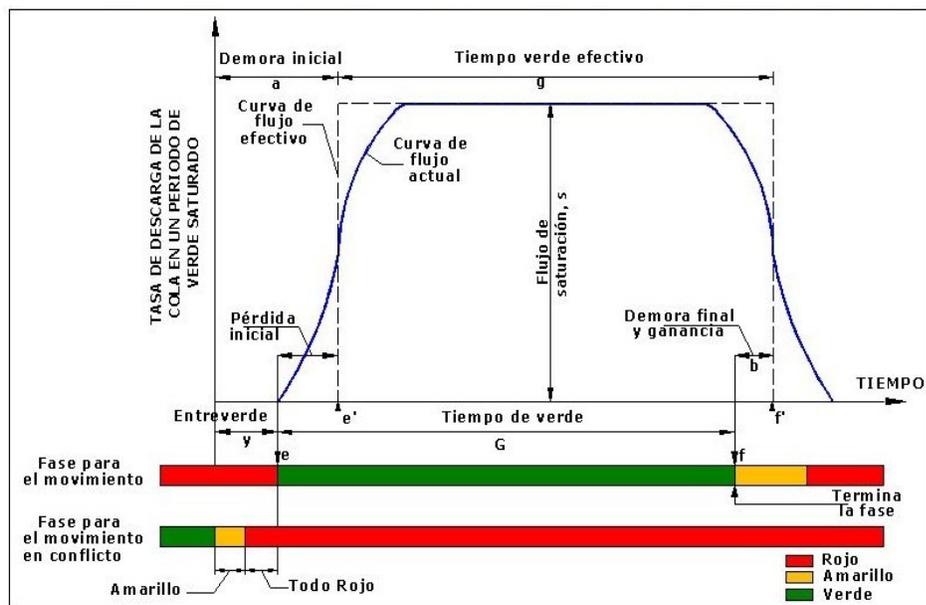
Cuando los semáforos cambian a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de alto “se incrementa rápidamente a una tasa llamada flujo de saturación, la cual permanece constante hasta que la fila de

vehículos se disipa o hasta que termina el verde. La tasa de vehículos que cruzan la Línea al arrancar es menor durante los primeros segundos, mientras los vehículos aceleran hasta alcanzar una velocidad de marcha normal. Similarmente, durante el periodo posterior a la terminación del verde, la tasa de vehículos que cruzan la Línea es menor debido a que algunos vehículos disminuyen su velocidad o se detienen.

El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea de alto, “que puede ser obtenida cuando existen filas y estas aún persisten hasta el final del periodo verde. En este caso se tiene un periodo de verde completamente saturado”.

Figura 7

Modelo básico del flujo de saturación.



Tomada de (Cárdenas et al., 2000)

Los tiempos entre estos comienzos de los periodos de simbología verde G_i y verde efectivo g_i , esto es ee' , se considera como una pérdida inicial. Igualmente, el tiempo entre los finales de los periodos de verde y verde efectivo, ff' , se considera como una ganancia final. Por lo tanto, el verde efectivo para la fase i es:

$$g_i = G_i + ff' - ee' \quad (7)$$

Las demoras iniciales a_i , se definen como la suma del tiempo entre verde o intervalo de cambio de fase y_i y la pérdida inicial ee' :

$$a_i = y_i + ee' \quad (8)$$

Las demoras final b_i , se definen simplemente como la ganancia final ff' :

$$b_i = ff' \quad (9)$$

Entonces, los tiempos perdidos por fase, l_i , es la diferencia entre la demora inicial, y la ganancia final

$$l_i = a_i - b_i \quad (10)$$

$$l_i = y_i + ee' - ff' \quad (11)$$

De la ecuación (7) :

$$ee' - ff' = G_i - g_i \quad (12)$$

Reemplazando en la ecuación (11):

$$l_i = y_i + G_i - g_i \quad (13)$$

Por lo general, los intervalos de cambio de fase y_i de una fase i es igual al intervalo.

Amarillo A_i :

$$y_i = A_i \quad (14)$$

Reemplazando en la ecuación (11):

$$l_i = y_i + G_i - g_i \quad (15)$$

Por lo tanto, la ecuación (13) Se transforma en:

$$l_i = A_i + G_i - g_i \quad (16)$$

Si se supone que las pérdidas iniciales ee' es igual a la ganancia final ff' , entonces:

$$g_i = G_i \quad (17)$$

$$l_i = y_i = A_i \quad (18)$$

El tiempo total L perdido es:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \quad (19)$$

Donde:

TR representa el tiempo total de todo rojo durante el ciclo, en caso de existir.

2.2.13.5. Asignación de Tiempos Verdes.

El tiempo verde efectivo total g_{ta} , disponible por ciclo para todos los accesos de las intersecciones, está dado por:

$$g_T = C - L = C - \left[\sum_{i=1}^{\varphi} l_i + TR \right] \quad (20)$$

Donde:

g_T =tiempos verdes efectivos total por ciclo disponible para todos los accesos.

C =Longitudes actual del ciclo (Redondeando C_0 a los 5 segundos más cercanos).

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe distribuirse entre los diferentes fases en proporción a sus valores de y_i , así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}} (g_T) \quad (21)$$

Donde:

y_i son los valores máximos de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase i.

De la ecuación (16), el tiempo verde real G_i para cada fase i se obtiene como:

$$G_i = g_i + l_i - A_i \quad (22)$$

Es lo mismo para φ fases:

$$\begin{aligned} G_1 &= g_1 + l_1 - A_1 \\ G_2 &= g_2 + l_2 - A_2 \\ &\vdots \\ G_{\varphi} &= g_{\varphi} + l_{\varphi} - A_{\varphi} \end{aligned}$$

2.2.14. Sincronización o Coordinación de Semáforos

Las coordinaciones de los semáforos consisten en la sincronización de los programas de tiempo de los semáforos con el propósito de favorecer la progresión del tránsito, es decir, que los grupos de vehículos (pelotones) avancen a lo largo de la vía o rutas (sucesión de vías) manteniendo una velocidad compatible con las características geométricas de la vía que recorre y el nivel de servicio del tránsito, experimentando el mínimo de demoras y detenciones. La coordinación

exige que todas las intersecciones tengan la misma duración de ciclo . (Carrasco Avendaño & Wazhima Clavijo, 2012)

La coordinación de las intersecciones de un itinerario consiste en programar el encendido de las luces de los semáforos de tal forma que los vehículos puedan atravesar la vía, de extremo a extremo, a una velocidad constante y sin detenerse . Para ello es necesario determinar el desfase entre el instante de encendido de las luces verdes de los diferentes cruces. Este desfase viene dado en función de la velocidad deseada y de las distancias entre cruces . (Diaz Ivorra et al., 2002).

Las determinaciones del desfase entre las intersecciones requieren de unos estudios de las condiciones existentes. Este estudio puede llevarse a cabo mediante técnicas que podemos agrupar en dos tendencias bastante diferenciadas:

- Métodos basados en criterios puramente geométricos o de banda pasante, se suelen conocer por las expresiones de onda verdes. En principio son aptos para coordinaciones con índice de saturación bajo y son muy eficaces en vías de un solo sentido de circulación. Otro aspecto positivo de este sistema es que el usuario aprecia directamente las ventajas de la coordinación .
- Métodos basados en las optimizaciones de las variables de tráfico (demoras, paradas, colas, etc.): para su cálculo se utilizan complejos algoritmos matemáticos. En principio están indicados en sistemas próximos a las saturaciones o cuando se trata de varios ejes lineales que se cruzan formando una malla .

En este segundo método el usuario no aprecia directamente las ventajas de la coordinación, ya que consiste en optimizar el funcionamiento del conjunto de intersecciones con el objetivo de obtener la máxima capacidad posible, aun a costa de establecer pequeñas molestias puntuales .

Para la mayoría de los casos, como travesías o arterias más importantes que el resto de las vías es preferible utilizar los métodos geométricos. Estos son los métodos que aborda el presente trabajo, pues con su aplicación el usuario percibe claramente las ventajas de la coordinación .

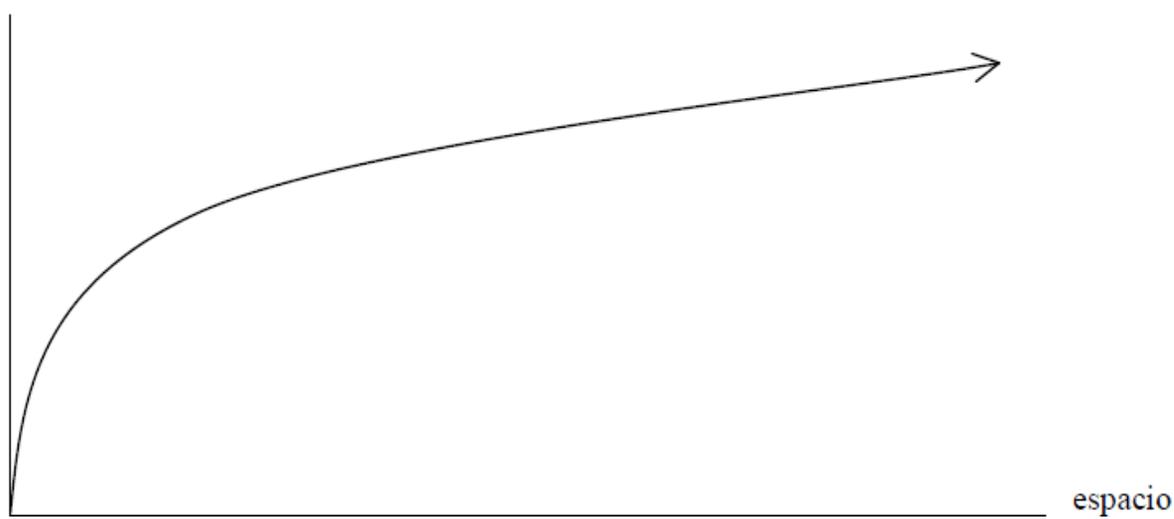
Para el cálculo de la onda verde y de los desfases relativos entre intersecciones se utiliza un diagrama espacio-tiempo. (Díaz Ivorra et al., 2002)

2.2.15. Métodos Geométricos. Diagrama Espacio-Tiempo.

Según Díaz Ivorra et al., (2002) menciona que “Un diagrama espacio-tiempo es un gráfico que se utiliza para determinar la posición de una partícula que realiza un movimiento rectilíneo a lo largo del tiempo. Dados unos ejes cartesianos en los que en ordenadas se representa el tiempo y en abscisas la distancia, la representación de la trayectoria de un vehículo que acelera desde 0 es una curva creciente (Figura 7) y la pendiente de la recta tangente a dicha curva en un punto es la velocidad instantánea de dicho vehículo”.

Figura 8

*Representación de la trayectoria de un vehículo
tiempo*



Tomada de (Díaz Ivorra et al., 2002)

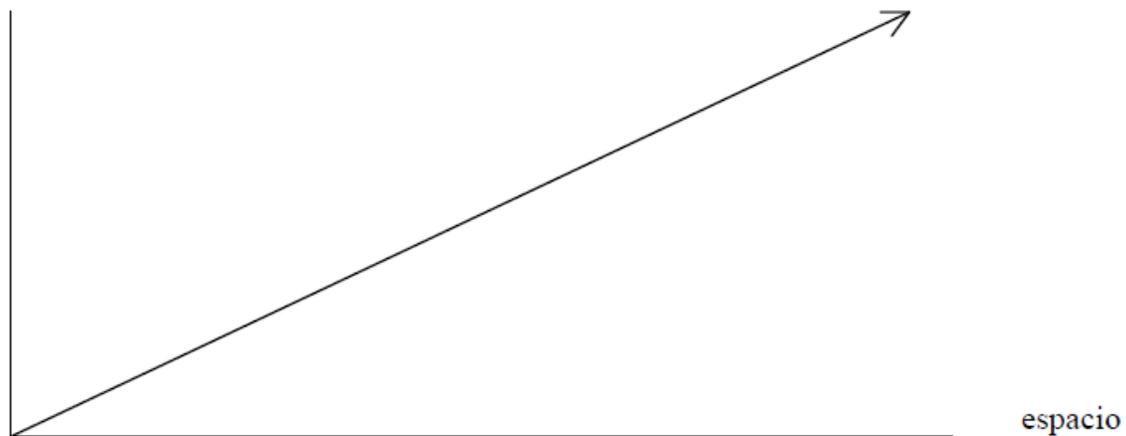
Para simplificar este modelo se propone que los vehículos circulen a las velocidades constante, y por lo tanto la curva que representa la trayectoria se convierten en una recta donde su pendiente representa la velocidad ($v = e / t$)

Figura 9). Cuanto menor son las pendientes de la recta mayor velocidad, y cuanto mayor es las pendientes menores velocidades. Una recta vertical representaría un vehículo parado y una recta horizontal un vehículo con una velocidad infinita (cosa del todo imposibles). (Diaz Ivorra et al., 2002)

Figura 9

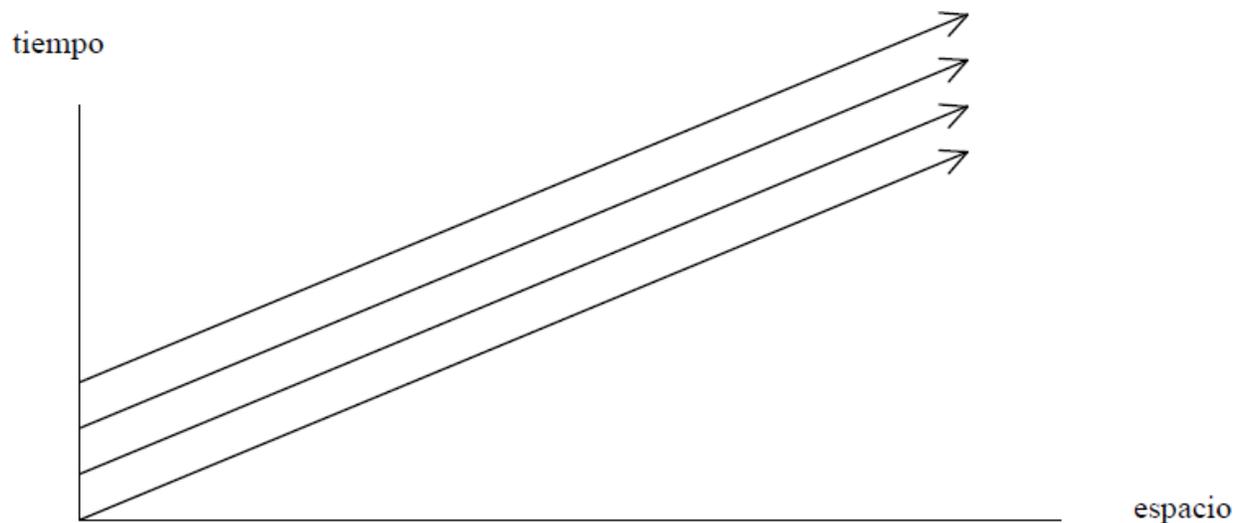
Representación de las Trayectorias de un Vehículo que Circula a Velocidad Constante.

tiempo

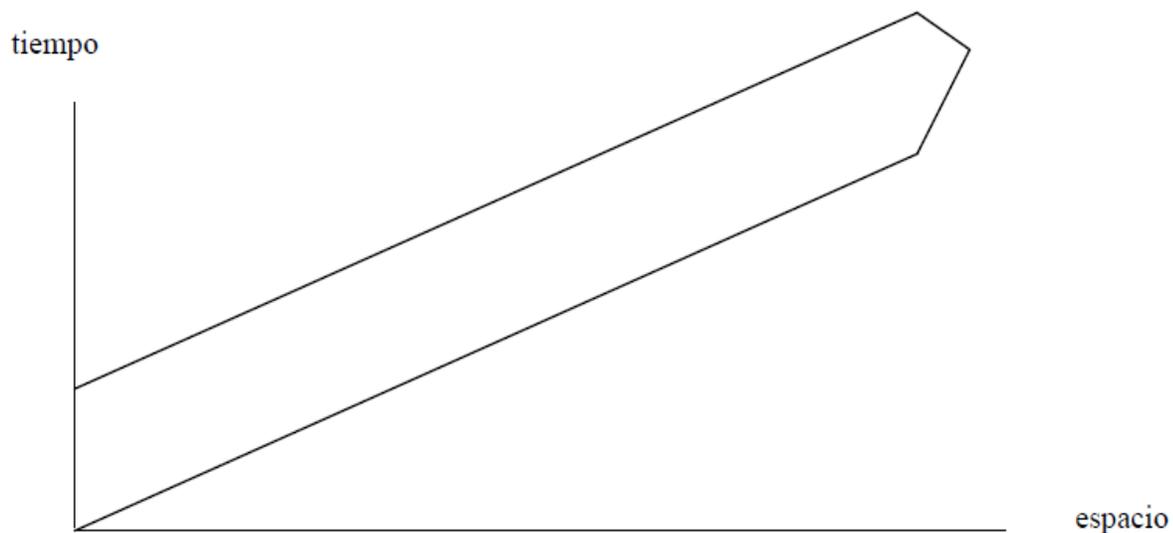


Tomada de Diaz Ivorra et al.,(2002)

La trayectoria de varios vehículos que circulen a las mismas velocidades unos detrás de otro se representan mediante una serie de rectas paralelas, que estén separadas entre sí y los intervalos de tiempo que transcurre entre los pasos de los vehículos sucesivos (**Figura 10**).

Figura 10*Representación de la trayectoria de muchos vehículos**Tomada de Diaz Ivorra et al., (2002)*

Si eliminamos las líneas intermedias, los avances del grupos de vehículos quedarían representados por las trayectorias del primer vehículo y de los últimos, ocupando en total una franja o banda donde las inclinaciones varía en función de la velocidad (**Figura 11**).

Figura 11:*Representación de la trayectoria de un grupo de vehículos**Tomada de Diaz Ivorra et al., (2002)*

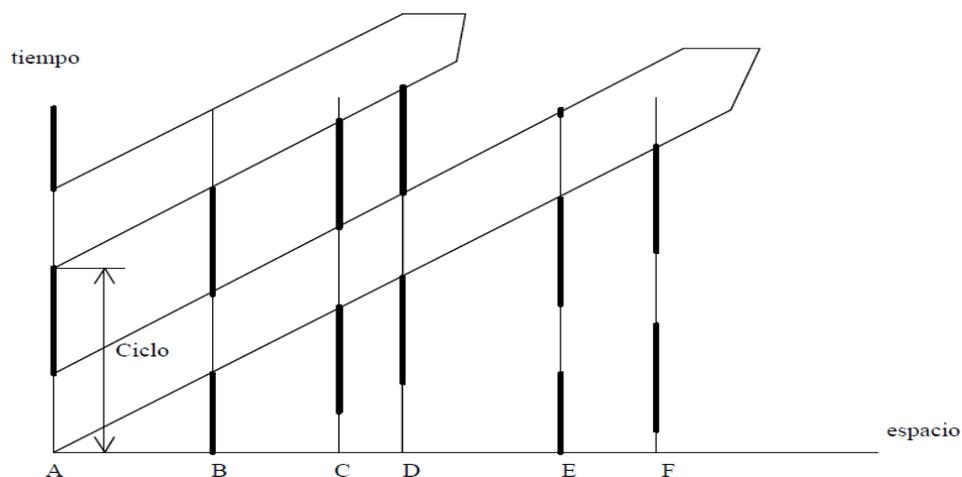
Para las coordinaciones de intersecciones empleamos los diagramas espacios tiempos de las siguientes maneras: situamos sobre el eje de abscisas las diferentes intersecciones; sobre la vertical de cada intersección, se representa el estados, a lo largo de los ciclos, de los semáforos que regulan la vías que se desea coordinaciones; se indican con un trazos gruesos los periodos en los que el semáforo está en rojos y con un trazos finos los que están en verde (el ámbar se consideras incluidos en los tiempos de verdes).

El métodos, en unas primeras aproximaciones, consistes en hacer pasar una franja del mayor ancho posible por los huecos de verde de intersecciones sucesivas (**Figura 12**). Normalmente se representas unas solas bandas, “ya que el restante tantas como ciclos se representados serán exactamente iguales, pero igualmente separadas entre sí unas distancias equivalentes a la duración de un ciclo”.

“Puestos que los objetivos en esas dichas bandas sea lo más anchas posible, se llama eficacia de una onda verde a la relación que existe entre su anchura, medida en segundos, y la duración del ciclo”. (Diaz Ivorra et al., 2002).

Figura 12

Diagrama Espacio - Tiempo Aplicado a la Coordinación de Intersecciones.



Tomada de (Diaz Ivorra et al., 2002)

Dados un ciclo y una velocidad, no es difícil conseguir una banda de progresión satisfactoria en una vía de sentido único. El problema surge cuando se quiere lograr son bandas de progresión en una calle con circulación en ambos sentidos . En este caso existen varios métodos que se pueden utilizar de forma conjunta o combinada: simultaneo, alternado simple, alternado doble y progresivo .

2.2.16. Propuestas de Mejoras a los Métodos Geométricos de Coordinaciones en Intersecciones.

El diagrama espacio/tiempo que se emplea actualmente para establecer la onda verde en los semáforos tiene su antecedente en los gráficos de marchas de trenes. Como consecuencia de este origen los diagramas espacio-tiempo presentan ciertas características que son susceptibles de mejora, pues la coordinación de intersecciones precisa de una tecnología propia que se adapte a las características del tráfico de vehículos tan diferente del tráfico de ferrocarriles .

Los sistemas de onda verde funcionan bien en vías en las que el nivel de saturación es bajo, la distancia entre intersecciones es uniforme y el tráfico recorre la vía de extremo a extremo. Estas condiciones corresponden a un modelo teórico que raramente se cumple en la realidad. El tráfico en nuestras calles en muchas ocasiones está próximo a la saturación, la distancia entre intersecciones no es uniforme, se producen incorporaciones y salidas de la vía principal, giros a la izquierda, etc. Todo esto hace que cada caso precise de un estudio detallado en el que, además del gráfico de onda verde correspondiente, se vean reflejadas todas sus características particulares .

Las mejoras que se apuntan son fruto de la experiencia en la coordinación de intersecciones reguladas por semáforos, de tal forma que están sancionadas y ajustadas por la práctica y su aplicación a casos reales .

De acuerdo a Diaz Ivorra et al.,(2002), los pasos a seguir para la elaboración de un estudio de coordinación con las mejoras propuestas son los siguientes:

2.2.16.1. Tomas de Datos

Para la elaboración de una onda verde es preciso realizar una toma de datos exhaustiva de la arteria que deseamos coordinar . Los datos imprescindibles son:

1. Duración de ciclo, fases, cronograma, proporción del verde con respecto al ciclo (v/c) de los semáforos que regulan los movimientos de la vía principal de cada intersección.
2. Plano a escala de la arteria, en el que se reflejar ‘a: los anchos de calzada y de carriles, uso de los mismos por sentidos, zonas de aparcamiento, paradas de autobús, sentidos de las calles concurrentes, giros permitidos y prohibidos, isletas y zonas excluidas de tráfico, situación de las líneas de detención, pasos de peatones, y situación de los elementos semaforicos.
3. Afros de cada cruce, principalmente los que se refieren a ambos sentidos de la vía a coordinar. Las intensidades de vehículos se expresarán en vehículos ligeros/hora, transformando el número de vehículos pesados y de dos ruedas en su equivalente en vehículos ligeros.
4. Determinación de horas punta a lo largo del día.
5. Observación del comportamiento de los usuarios.
6. Porcentaje de vehículos pesados, líneas de autobuses regulares y cualquier otra circunstancia que pueda alterar la fluidez del tráfico.
7. Existencia de centros generadores de tráfico: aparcamientos, centros comerciales.

2.2.16.2. Elaboraciones de las ondas verdes

Tal y como hemos visto, para la elaboración de la onda verde se utiliza un diagrama espacio-tiempo, empleando el sistema o la combinación de sistemas que nos parezcan más apropiados para el caso que nos ocupe, de entre los citados anteriormente .

En este punto del proceso las mejoras que se aportan son las siguientes:

1. Consideración de las secciones de control dentro de cada intersección. La sección de control es el lugar donde se detienen los vehículos cuando su semáforo está en rojo. Actualmente el funcionamiento de los semáforos de cada intersección se representa sobre su eje, si en lugar de hacerlo así representamos a la altura de cada sección de control el funcionamiento del semáforo que regula el flujo de vehículos correspondiente , se consigue una mayor precisión por dos motivos: primero porque cuanto más grande es la intersección, y menor la distancia entre intersecciones, tanto más se aleja de la realidad la representación de una sola línea en el eje; y segundo porque en algunos casos los semáforos que controlan sentidos opuestos en una misma vía no funcionan de forma simultánea y es preciso representar su funcionamiento por separado .
2. Utilización de una escala adecuada. La escala que utilizemos debe permitirnos la representación de los tiempos y las distancias con la suficiente precisión. Una escala apropiada para el tiempo sería de 0.5 a 1mm por cada segundo, y para las distancias de 1:2.000 a 1:1.000 .
3. Representaciones en plantas de la vía a coordinaciones. Sobre ésta se indicarán los nombres de las calles, los sentidos de las vías principales y de las avenidas adyacentes.

4. Indicaciones de las eficacias de las ondas verdes y de su velocidad. Unas flechas acotan las ondas verdes pasantes y las parciales. Sobres estas flechas se indica sus eficacias, proporciones entre en verdes y los ciclos. Las velocidades se indicar ‘a sobre la propia onda verde.

2.3. Lo que Dice el Reglamento Nacional de Tránsito.

De acuerdo al *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras*, (2016) podemos mencionar los siguientes artículos:

2.3.1. Artículos 121. Normas para Preservar Seguridades Viales, Medio Ambiente y Fluidéz de la Circulación.

La Autoridades competentes a fin de preservar la seguridad vial, el medio ambiente y la fluidez de la circulación, puede fijar en zona urbana, dando preferencia al transporte público de pasajeros y procurando su desarrollo ; lo siguiente:

- Vías o carriles para circulación exclusiva u obligatoria.
- Sentidos de tránsitos diferenciados o exclusivos para unas vías determinadas en diferentes horarios o fechas y producir los desvíos pertinentes.
- Estacionamientos alternados u otra modalidad, según lugar, forma o fiscalización.

2.3.2. Artículo 123. Funciones de la Autoridad Competente.

Corresponden a las Autoridades competentes:

- Determinaciones los sentidos de circulación en las vías públicas.
- Establecimiento los límites de velocidad, para cada tipo de vía.
- ¿Prohibir giros a la izquierda, derecha o de retorno en “U”
- Establecimiento áreas especiales para estacionamiento de vehículos.

- Establecimiento regulaciones en el uso de la vía pública o en parte de ella.

2.3.3. Artículo 162.- Límites Máximos de Velocidades.

Cuándos no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, de los límites máximos de velocidades, son los siguientes:

En zonas urbanas.

- En Calles y Jirones: 41 K.m./h.
- En Avenidas: 61 K.m./h.
- En Vías Expresas: 81 K.m./h.
- Zona escolar: 31 K.m./h.
- Zona de hospital: 31 K.m./h.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

La optimización en la sincronización de los semáforos tiene un efecto significativo para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos desde Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.

2.4.2. Hipótesis Especifico.

Si se realiza distintas mediciones de tiempo de recorrido, tiempo de semáforos y aforos vehiculares entonces se podría establecer un tiempo de recorrido ideal de un punto a otro y así evitar una alta congestión vehicular.

Si se establece un tiempo óptimo de recorrido entonces se podría utilizar los semáforos de la mejor manera y así adecuarlos a la realidad que se tiene.

Si se establece los tiempos de cambio de los semáforos que se tiene en este tramo, entonces se podrá determinar los tiempos de recorrido que deberían tener estos vehículos.

2.5. Variables

Variables Independientes.

X: Sincronización de los semáforos desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez, siguiendo las distintas rutas de transporte público en la ciudad de Huancayo.

Variable Dependiente.

Y: Tiempo de recorrido desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez, en la ciudad de Huancayo.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variables Independientes. Sincronización de los semáforos	se llama coordinación de semáforos, por que consiste en la sincronización de tiempo de los semáforos con el propósito de favorecer la progresión del tránsito.	segundos óptimos del cambio de semáforos en cada ciclo.	Coordinación de cada semáforo	tabla de registro en cada ciclo.
Variable Dependiente. Tiempo de recorrido	representa los desfases existentes (demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por las vías, el tránsito y los dispositivos de control), o bien necesarios entre semáforos consecutivos, así como los tiempos de los ciclos y sus sub divisiones de tal manera que se obtenga un movimiento continuo a lo largo de una arteria.	Condiciones topográficas, Tiempo de cambio de color de semáforos y Velocidad de recorrido	Número de vehículos por cada tramo	guía observacional mediante formato de aforo vehicular

Fuente: *Elaboración Propia 2018.*

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método de investigación fue el **científico**, “porque la investigación se apoya en la observación de fenómenos provocados o manipulados en el laboratorio” (Ccanto. 2010) “y es una situación de control en la que se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efecto).” (Hernández, et al. 2010).

3.2. Tipo de Investigación.

Mi presente trabajo de investigación es de Tipo cuasi experimental.

Los diseños cuasi experimentales se diferencian de los experimentales verdaderos porque en aquellos el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces se tiene grupo de control (Bernal, 2010)

3.3. Nivel de Investigación

la tesis tiene un Nivel de investigación de carácter Explicativo

Los niveles de la investigación están en concordancia con la línea de investigación, con el análisis estadístico y con los objetivos estadísticos y está referida al grado de complejidad.

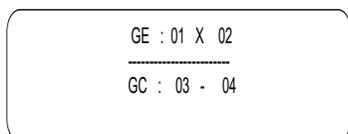
El nivel explicativo, explica el comportamiento de una variable en función a la otra, por ser estudios de causa y efecto requiere control y debe cumplir otros criterios de causalidad. (Supo, 2012).

3.4. Diseño de Investigación

Diseño Experimental de investigación: Diseño de medición previa y posterior con grupo de control.

Los diseños cuasi experimentales se diferencian de los experimentales verdaderos porque en aquellos el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces se tiene grupo de control (Bernal, 2010)

Diseño de medición previa y posterior con grupo de control.



Dónde:

GE : Grupo experimental

O1 : Pre test del GE

X : Variable experimental

O2 : Post test del GE

GC : Grupo control

O3 : Pre test del GC

O4 : Post test del GC

3.4.1. Fuentes de información e Instrumentos Utilizados

3.4.1.1. Fuentes de la Informaciones

Se disponen de distintos niveles de información utilizada:

Fuentes de Informaciones Bibliográficas: Se obtendrá libros de la biblioteca central y especializada de la Universidad Peruana Los Andes de Huancayo. artículos y libros colgados en Internet.

Orígenes del Registros de las Variables: los registros efectuados sobre el aforo vehicular y control de semáforos se efectuarán tomando como vía los distintos tramos que se encuentren en los puntos de Puente Avenida Huancavelica a Monumento Obelisco Giráldez.

3.4.1.2. Instrumentos a Utilizarse

Los medios empleados para la realización del presente trabajo serán los siguientes:

1. Recopilación de datos de Tráfico Vehicular:

- Plantillas de Aforo Vehicular.
- Cámara fotográfica.

2. Procesamiento de Datos:

- Microsoft Office Excel 2016.

1. Programas de Dibujo:

- AutoCAD 2018.

3. Edición de Textos:

- Microsoft Office Word 2016.

4. Equipo:

- Ordenador Portátil con Sistema Operativo Windows 10.

3.4.2. Recolección de Datos

Para la presente investigación, es importante tener en cuenta el tipo de investigación que se está realizando, el enfoque cuantitativo, se trabajan con registros cuantitativos y para la

recolección de los datos es importante tener en cuenta las unidades de muestreo y las unidades de análisis. La unidad de muestreo que se estudia son los vehículos de transporte público y los semáforos por donde estos vehículos transcurren y la interacción que tiene una del otra, para ello se tendrá que realizar aforos vehiculares, mediciones de tiempo, velocidades y tiempo de cambio de color de los semáforos.

3.4.3. Identificación de la Población.

La población debe de estar debidamente identificada, tanto geográfica como temporalmente, tomando en cuenta factores asociados a la sincronización, al transporte público y al congestionamiento.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población.

Es el conjunto de todas las unidades de estudio (sujetos u objetos) cuya característica observable o reacción que pueden expresar nos interesa estudiar (Supo, 2012)

La población está formada por el sistema de transportes público desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez en la ciudad de Huancayo.

3.5.2. Muestra.

Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuaran la medición y la observación de las variables objeto de estudio.

La muestra está calculada con base a la determinación de 30 ciclos por cada semáforo, tal como recomienda Flores & Espinoza (2020).

$$n = \frac{z^2 Npq}{e^2(N-1) + z^2 Npq}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra.

N = Tamaño de la población, cantidad de ciclos que se tienen en horas punta en un semáforo

$N=59$.

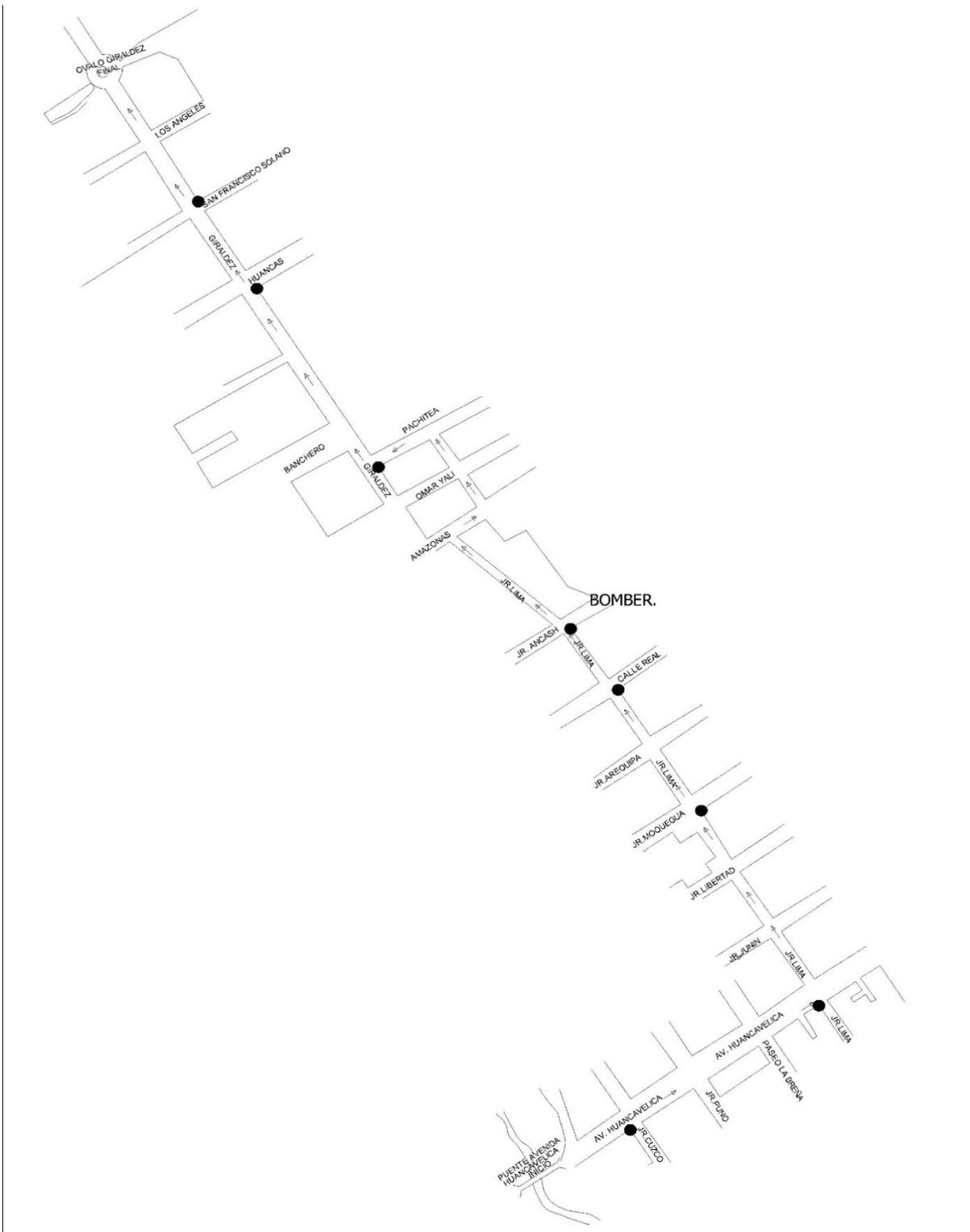
p = Porcentaje estimado de la muestra.

$$q = 1 - p$$

Z = Nivel de confianza, 90%, entonces $Z = 1.64$

e = error 10 %.

$$n=30$$

Figura 13*Unidad muestral y puntos de aforo.*

Plano COFOPRI -Huancayo

3.5.2.1. Determinaciones de la muestra.

A partir de la población se puede determinar las muestras compuestas por unidades de análisis, en nuestro caso tenemos los vehículos de transporte público y los semáforos. El estudio de estas muestras conllevará a la obtención de nuestros objetivos.

3.5.3. Cálculos del Tamaño de la Muestras

Debido a que nuestro análisis se basa en la coordinación de semáforos, lo que se pretende, es determinar cuántos ciclos se debe contabilizar o aforar en cada semáforo en horas punta u horas de mayor congestión. Según Flores & Espinoza, (s. f.), recomienda determinar 30 ciclos por cada semáforo, lo que se realizará es comprobar con que grado de confianza y error aceptable se obtuvo esta muestra, para ello se determinará con la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{z^2 Npq}{e^2 (N-1) + z^2 Npq} \quad (23)$$

donde:

n = Tamaño de muestra número de ciclos que se pretende estudiar.

N = Tamaño de la población, en este caso es obtenido de la cantidad de ciclos que se tienen en horas punta en un semáforo N=59.

p = Porcentaje estimado de la muestra.

q = 1 - p

Z = Nivel deseado de confianza, para nuestro caso es de 90 % para ello tendremos un z =1.64.

e = error aceptable 10 %.

Procesando estos datos obtenemos la tabla siguiente:

Tabla 2*Determinación del tamaño de la muestra Fuente*

Descripción	Cantidades
Tamaños universos de la poblaciones (N)	59
Error máximo aceptable (e)	10 %
Porcentaje estimado de la muestra (p)	54 %
Nivel deseado de confianza (z)	90 %
Tamaño de la muestra (n)	30

Fuente Elaboración Propia.

Con esto determinamos que para un nivel de confianza del 90 % obtendremos una muestra de $n=30$ ciclos; se debe tener en cuenta que un ciclo representa un tiempo de cambio de color de semáforo desde verde, pasando por amarillo y terminando en rojo.

Cabe señalar que la presente investigación se basará en un muestreo no probabilístico, debido a que será a criterio mío la determinación de las horas de máxima demanda.

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se pretende realizar el registro de los vehículos que pasan por cada ciclo en cada semáforo, de ello podemos analizar tres alternativas:

3.6. Recopilación de datos.

Se realizaron aforos vehiculares. El aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección. Por tanto, se recolectaron datos de cuantos vehículos pasan por cada una de los 9 semáforos y que tipos de vehículos eran, además se determinó el tiempo ciclo de cada semáforo .

- Se contaron los vehículos que pasaban por cada uno de los 9 semáforos, esto cuando cambiaba a color verde. Se tomaron 30 ciclos (30 veces el conteo de vehículos que pasan el semáforo en verde) (Flores & Espinoza, s. f.). En caso de que el semáforo estuviese malogrado se tomaron un ciclo de 1 minuto. Se usaron formatos para la toma de datos las cuales se estarán mostrando en el anexo de la investigación.

Figura 14

Aforo Vehicular.



Fuente: elaboración propia

Figura 3.2: aforo vehicular.

- Se tomó el tiempo ciclo (verde, ámbar y rojo) de todos los semáforos que se encuentran en el sistema a analizar.

Figura 15*Semáforo de Tiempo Fijo*

Fuente: Elaboración Propia

- Se determinará la velocidad recorrida para esta investigación, ya que se ajusta más a nuestro análisis, para ello se tendrá que obtener los tiempos y las distancias recorridas de un vehículo de transporte público. Estos datos se obtuvieron cronometrando el recorrido del viaje.

Figura 16

Tiempos de Recorrido.



Fuente: Elaboración Propia

- Las distancias serán obtenidas de los planos de COFOPRI.

3.6.1. Vehículos por Cada Ciclo de Cada Semáforo

En la tabla siguiente se presenta un cuadro con los resúmenes del conteo de los vehículos en cada ciclo de cada semáforo objeto de la investigación. En los semáforos malogrados se tomarán

ciclos de 10 a 15 minutos como recomienda (Cárdenas et al., 2000). Se representarán los datos obtenidos en horarios de máxima demanda (mañana, tarde y noche).

Tabla 3

Total de Vehículos por Cada Ciclo Turno Mañana

Ciclos	Total de Vehículos por Cada Ciclo Mañana								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	15	24	23	26	26	28	24	35	37
2	18	19	18	19	20	22	23	30	27
3	21	19	15	20	22	23	20	28	32
4	20	17	21	22	24	23	24	28	22
5	18	23	17	23	21	24	21	22	28
6	21	17	17	23	23	22	23	29	27
7	18	18	19	21	22	22	21	28	29
8	20	14	16	22	20	24	24	18	23
9	19	20	21	24	26	24	21	27	17
10	19	16	20	20	22	21	23	28	22
11	20	17	19	19	23	22	23	21	30
12	18	18	16	20	18	25	21	26	26
13	22	17	16	24	25	23	20	24	34
14	16	21	17	25	29	25	21	36	21
15	18	21	18	24	23	24	23	35	23
16	17	15	17	21	20	31	24	34	35
17	18	21	21	22	22	27	22	28	29
18	18	19	15	21	22	20	25	33	28
19	18	21	18	26	22	24	19	29	23
20	20	16	16	22	19	22	26	24	23
21	17	16	19	23	21	22	22	30	27
22	23	17	20	21	20	27	22	33	29
23	23	24	18	22	27	22	25	28	20
24	16	18	22	26	24	26	23	23	35
25	22	19	19	22	26	24	20	31	25
26	21	15	21	20	24	25	24	26	22
27	19	16	17	22	22	26	21	28	24
28	15	18	20	23	21	22	20	20	28
29	20	20	17	19	26	26	24	24	18
30	17	18	18	25	23	24	24	27	30

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4*Total de Vehículos por Cada Ciclo Turno Tarde*

Ciclos	Total de Vehículos por Cada Ciclo Tarde								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	20	22	21	29	29	27	26	27	21
2	16	17	18	19	21	24	22	36	26
3	16	14	22	20	23	21	24	24	22
4	20	17	14	21	18	22	18	34	25
5	17	17	19	22	26	25	24	22	21
6	16	19	19	20	22	23	21	34	14
7	19	15	22	21	24	25	23	27	24
8	18	20	17	23	23	24	20	16	25
9	18	15	18	22	25	22	26	26	19
10	19	17	19	23	21	22	21	25	23
11	20	17	19	23	23	25	24	24	19
12	15	17	19	23	19	24	17	26	23
13	18	19	17	19	23	22	24	30	25
14	20	16	16	22	23	23	25	23	17
15	17	17	20	26	26	24	24	23	23
16	18	20	22	21	24	24	26	20	24
17	16	22	22	20	25	21	21	26	28
18	15	15	16	24	25	27	23	26	26
19	21	20	19	22	23	21	25	21	22
20	16	18	18	22	25	22	23	19	23
21	21	16	18	24	27	22	23	14	24
22	16	15	17	19	20	24	20	30	21
23	18	19	17	22	23	22	23	15	17
24	17	18	18	22	23	24	23	30	22
25	15	20	18	22	25	25	23	26	21
26	18	18	22	23	18	21	24	21	29
27	20	18	21	23	25	23	25	24	23
28	17	17	16	22	17	24	25	17	26
29	20	19	19	23	23	22	22	24	27
30	15	22	20	23	21	24	25	24	17

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 5*Total de Vehículos por Cada Ciclo Noche*

Ciclos	Total de Vehículos por Cada Ciclo Noche								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	24	26	24	28	27	26	27	38	28
2	21	20	21	20	25	25	22	30	34
3	22	18	24	24	21	21	24	28	23
4	24	24	22	18	21	26	26	27	31
5	26	21	24	22	23	22	23	26	21
6	21	15	20	21	26	24	21	31	34
7	28	19	18	23	24	24	25	36	30
8	27	20	20	19	28	22	19	25	21
9	21	18	22	24	23	23	29	28	22
10	27	15	21	24	23	24	23	21	26
11	27	18	21	20	21	23	26	32	31
12	23	19	21	20	19	22	21	25	34
13	26	17	22	26	23	24	25	25	23
14	22	17	22	20	23	26	21	22	25
15	26	20	20	26	23	21	24	36	21
16	22	19	22	20	23	24	24	30	25
17	27	20	20	25	21	22	24	19	31
18	21	20	20	22	25	24	21	27	30
19	24	16	22	23	23	25	28	31	26
20	18	19	17	21	23	24	26	29	22
21	23	18	21	25	22	24	23	30	36
22	22	16	21	20	20	25	24	28	25
23	26	18	22	23	21	19	22	18	29
24	27	15	22	23	24	26	24	31	15
25	21	21	22	22	23	24	25	31	25
26	24	16	15	25	24	23	29	34	28
27	26	18	23	25	26	21	22	26	15
28	27	17	23	21	23	21	27	29	23
29	27	17	21	23	24	23	19	18	18
30	28	21	21	26	25	24	22	33	19

*Fuente: Elaboración Propia***3.6.2. Duración de Ciclo de Cada Semáforo**

A continuación, se presenta la **Tabla 6** las mediciones de tiempo que se realizó para los semáforos desde Puente Avenida Huancavelica hasta Monumento Obelisco Giráldez.

Tabla 6*Ciclos de los semáforos*

TIEMPO DE CAMBIO DE COLOR (S) DE CADA SEMÁFORO PARA LA INVESTIGACIÓN				
Ubicación	Rojo	Amarillo	Verde	Estado actual
Av. Huancavelica y Jr. Cuzco	28	3	40	Activo
Jr. Lima y Av. Huancavelica	40	3	30	Activo
Jr. Lima y Jr. Moquegua	40	3	30	Activo
Jr. Lima y Jr. Calle Real	18	3	25	Activo
Jr. Lima y Jr. Ancash	45	3	35	Activo
Jr. Pachitea y Av. Giráldez	45	3	30	Activo
Jr. Guido y Av. Giráldez	117	3	35	Activo
Av. Giráldez y Jr. Huanca	40	3	110	Activo
Av. Francisco Solano y Av. Giráldez	40	3	110	Activo

*Fuente: Elaboración Propia***3.6.3. Distancias de Recorrido**

A continuación, se presenta la **Tabla 7**, con las distancias obtenidas en los planos de COFOPRI; estas distancias representan las longitudes de cada calle por donde transitan los vehículos de transporte público.

Tabla 7*Cuadro de Distancia de Cada Avenida y Jirón del Tramo Estudiado*

Intersección	Puente Avenida Huancavelica	Jr. cuzco y Av. Huancavelica	Jr. Lima y Av. Huancavelica	Jr. Lima y Jr. Moquegua	Jr. Lima y Calle Real	Jr. lima y Ancash	Jr. Pachitea y Av. Giráldez
Distancias	0 m	125 m	300 m	305 m	210 m	120 m	470 m

Fuente: Elaboración Propia

Para poder sincronizar los semáforos, es necesario determinar las distancias recorridas por los vehículos de transporte público de un semáforo a otro, y por ello a continuación en la **Tabla 8**, se muestra las distancias que las separan entre sí. Por cuestiones prácticas, cada distancia de separación vendría a ser tramos, y a cada tramo estará asignando una letra del alfabeto; por

ejemplo, al tramo comprendido entre los semáforos ubicados en Puente Avenida Huancavelica y Monumento Obelisco Giráldez ser a asignado como final del tramo, y al tramo comprendido entre Av. Huancavelica y Jr. cuzco es llamado como A y así sucesivamente para los siguientes tramos. También se enumeró a cada semáforo de acuerdo a la secuencia que tienen. Este ordenamiento se ha sustentado en un plano que está anexado al final de la investigación.

Tabla 8

Distancias Recorridas de Semáforo a Semáforo

Distancias de Recorridos de Un Semáforo A Otro			
Ubicación	Distancia (m)	Tramo	Semáforo
Av. Huancavelica y Jr. cuzco	300.00	A	Semáforo 1
Av. Huancavelica y Jr. Lima			Semáforo 2
Av. Huancavelica y Jr. Lima	305.00	B	Semáforo 2
Jr. Moquegua y Jr. Lima			Semáforo 3
Jr. Moquegua y Jr. Lima	210.00	C	Semáforo 3
Jr. Lima y Calle Real			Semáforo 4
Jr. Lima y Calle Real	120.00	D	Semáforo 4
Jr. Lima y Jr. Ancash			Semáforo 5
Jr. Lima y Jr. Ancash	470.00	E	Semáforo 5
Jr. Pachitea y Av. Giráldez			Semáforo 6
Jr. Pachitea y Av. Giráldez	190.00	F	Semáforo 6
Av. Giráldez y Jr. Guido.			Semáforo 7
Av. Giráldez y Jr. Guido	120.00	G	Semáforo 7
Av. Giráldez y Jr. Huancas			Semáforo 8
Av. Giráldez y Jr. Huancas	205.00	H	Semáforo 8
AV. Giráldez y Jr. Francisco Solano			Semáforo 9

Fuente: elaboración propia

3.6.4. Tiempos de Recorridos y Tiempos de Demora en Cada Semáforo

También se determinó los tiempos de recorrido, este tiempo es aquel en el que se determina el tiempo total del recorrido sumando las paradas que pudieron tener en su trayecto en la **Tabla 9**, se muestra los tiempos de recorrido de cada ruta en cada tramo del sistema analizado.

También se determinó la demora que tienen los vehículos de transporte público en cada semáforo como muestra la tabla, estos son datos aproximados obtenidos en campo ya que la duración varía constantemente.

Tabla 9

Tiempos de demora en cada semáforo

		Tiempos Perdidos en Cada Semáforo							
Rutas		Tramo A	Tramo B	Tramo C	Tramo D	Tramo E	Tramo F	Tramo G	Tramo H
MAÑANA	E.T "SANTA ROSA 30"	35	52	60	246	132	578	261	432
	E.T "EMROSSED INGIND B"	42	55	58	238	135	584	284	440
	E.T "22 DE MARZO"	38	48	46	240	128	579		
	E.T "ETARSA"SA	30	46	38	255	145	580	258	438
	E.T "EL VIRGO SAC"	42	56	62	238	140	567		
	E.T "TOURS REGIONAL	36	57	55	248	131	564	264	420
	E.T "PIO PATA"	32	48	49	264	128	588		
TARDE	E.T "SANTA ROSA 30"	20	38	43	201	112	546	239	405
	E.T "EMROSSED INGIND B"	18	35	40	176	117	540	245	388
	E.T "22 DE MARZO"	22	35	42	188	125	552		
	E.T "ETARSA"SA	17	41	38	206	118	532	224	412
	E.T "EL VIRGO SAC"	23	34	41	196	114	528		
	E.T "TOURS REGIONAL	32	37	45	190	110	550	220	788
	E.T "PIO PATA"	19	39	43	201	115	534		
NOCHE	E.T "SANTA ROSA 30"	40	59	58	251	154	546	278	446
	E.T "EMROSSED INGIND B"	45	58	67	264	158	589	290	438
	E.T "22 DE MARZO"	39	60	68	258	160	595		
	E.T "ETARSA"SA	45	54	59	267	147	602	276	460
	E.T "EL VIRGO SAC"	38	55	63	250	154	578		
	E.T "TOURS REGIONAL	46	58	67	268	149	564	288	465
	E.T "PIO PATA"	39	61	60	278	160	579		

Fuente: *Elaboración Propia*

De la **Tabla 10**, se determina los tiempos promedio de recorrido, necesarios para la sincronización y verificación de semáforos. Con estos tiempos se determinará la velocidad de recorrido.

Tabla 10*Tiempo de Recorrido*

Tiempo Promedio de Recorrido por Cada Tramo								
	Tramo A	Tramo B	Tramo C	Tramo D	Tramo E	Tramo F	Tramo G	Tramo H
MAÑANA	36.43	51.71	52.57	247.00	134.14	577.14	266.75	432.50
TARDE	21.57	37.00	41.71	194.00	115.86	540.29	232.00	498.25
NOCHE	41.71	57.86	63.14	262.29	154.57	579.00	283.00	452.25

Fuente: elaboración propia

3.6.5. Velocidades de Marcha o de Aproximación

Es necesario la obtención de estos datos, para determinar la velocidad óptima de los vehículos; y es justamente con este dato que se determinará los ciclos de los semáforos. La obtención de este dato se hizo viajando en los vehículos de transporte público y determinando un promedio, cabe resaltar, que estos datos son aproximados, ya que los vehículos transitan a velocidades variables y por ello se determina un promedio de ellos.

3.6.6. Velocidades de Recorrido

Esta velocidad se obtiene al dividir la distancia entre en tiempo de recorrido. ¿El tiempo de recorrido será el tiempo más crítico de la **Tabla 10**. Para la presente investigación es muy importante este dato, ya que con ello obtendremos la sincronización necesaria; la velocidad de recorrido, es la velocidad que tendrá los vehículos en cada tramo sin importar los tiempos que demore en dicho tramo, a continuación, se presenta un cuadro con el resumen de velocidades de recorrido.

Tabla 11

Velocidad de Recorrido

Velocidad de Recorrido Promedio por Cada Tramo (km/h)							
Tramo A.	Tramo B.	Tramo C.	Tramo D.	Tramo E.	Tramo F.	Tramo G.	Tramo H.
3.43	6.20	2.32	0.58	1.06	0.74	0.60	0.36

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Análisis de Datos.

Los registros disponibles de los aforos vehiculares serán previamente analizados en base a unos análisis exploratorios y el análisis estadístico a nivel descriptivo.

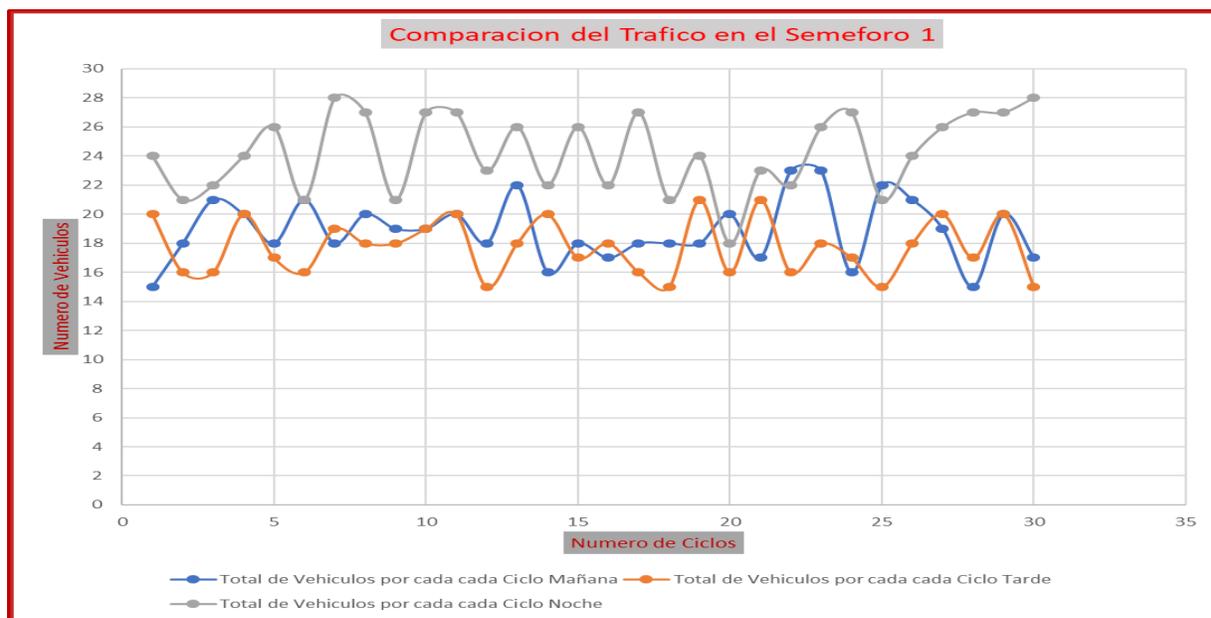
3.7.1. Análisis Exploratorio

“El objetivo del análisis exploratorio es resumir y visualizar datos de manera que se facilite la identificación de tendencias o patrones que los subyacen y que son relevantes para responder alguna pregunta de interés”. (*Análisis Exploratorio de Datos – Estadística Descriptiva: Análisis Exploratorio de Datos – Estadística Descriptiva*, s. f.)

El Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D.) es la parte más actual de las técnicas estadísticas, “debido al uso de gráficos y, por ende, la reducción en el uso de las fórmulas estadísticas y considera pocas consideraciones previas sobre los datos, características que son esenciales para la exploración de los registros de datos”.

Figura 17

Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 1.

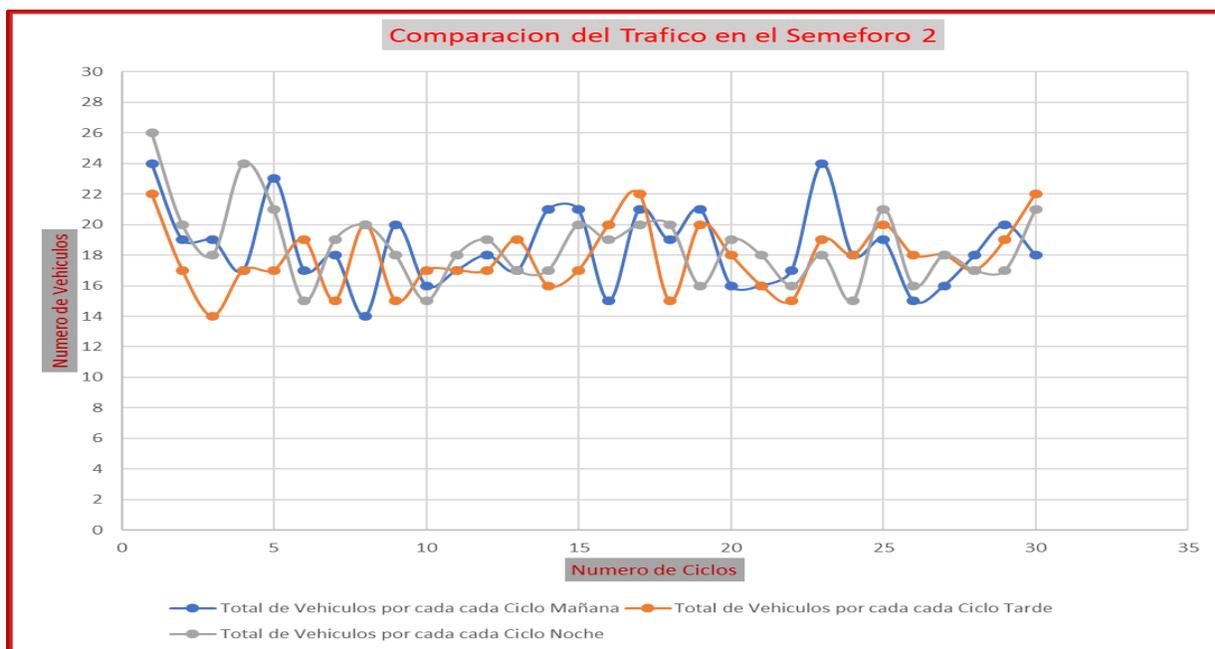


Fuente: Elaboración Propia

Al hacer la comparación de los aforos realizados tanto en la mañana, en la tarde y en la noche se observa en la **Figura 17**, que existen ciclos con mayor demanda en la noche, por ende, serán estos datos utilizados para el estudio. Análogamente se realiza la misma operación para los demás semáforos obteniéndose los siguientes cuadros:

Figura 18

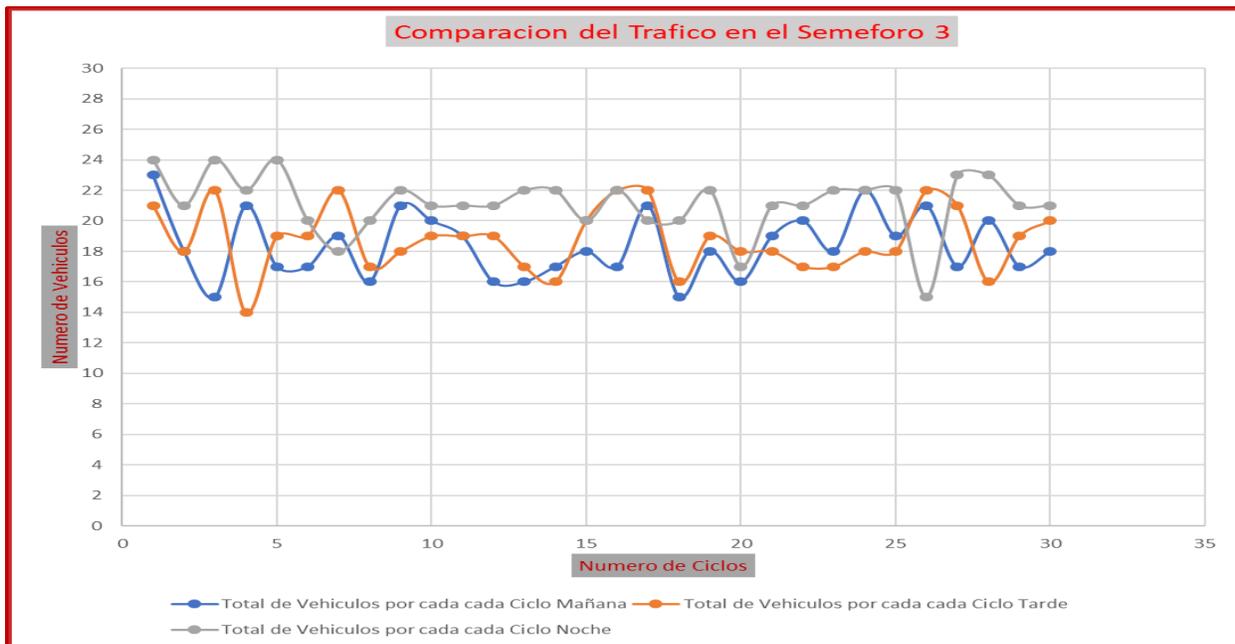
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19

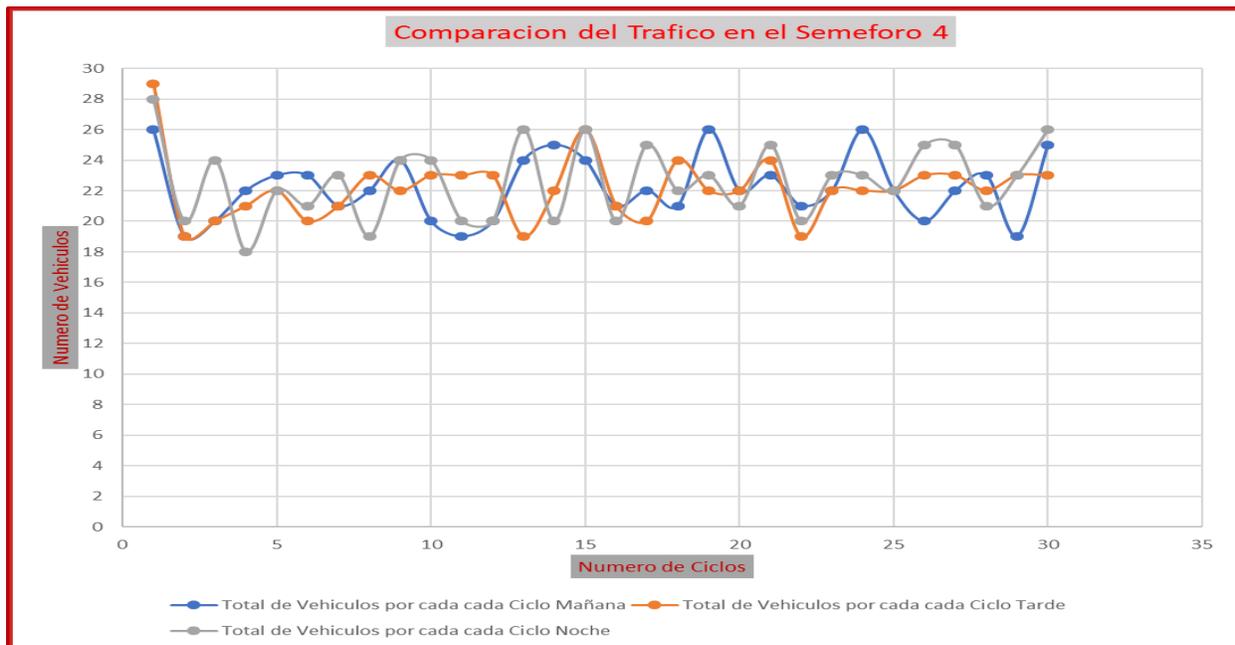
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 3.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20

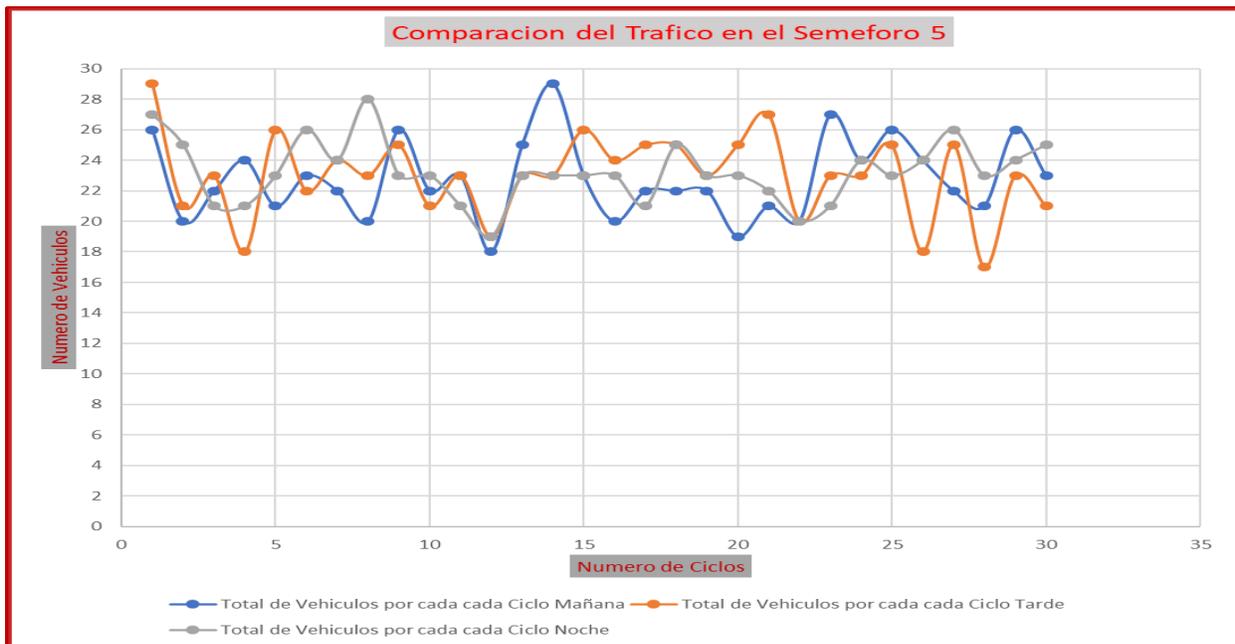
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 4.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21

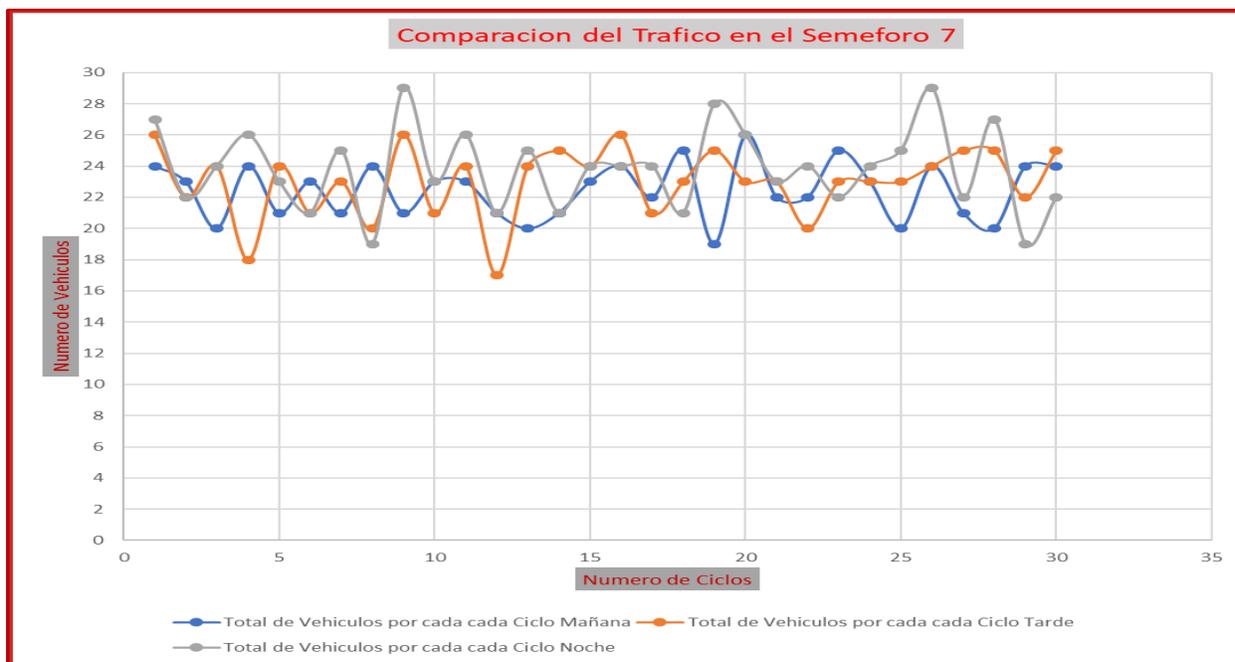
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 5.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22

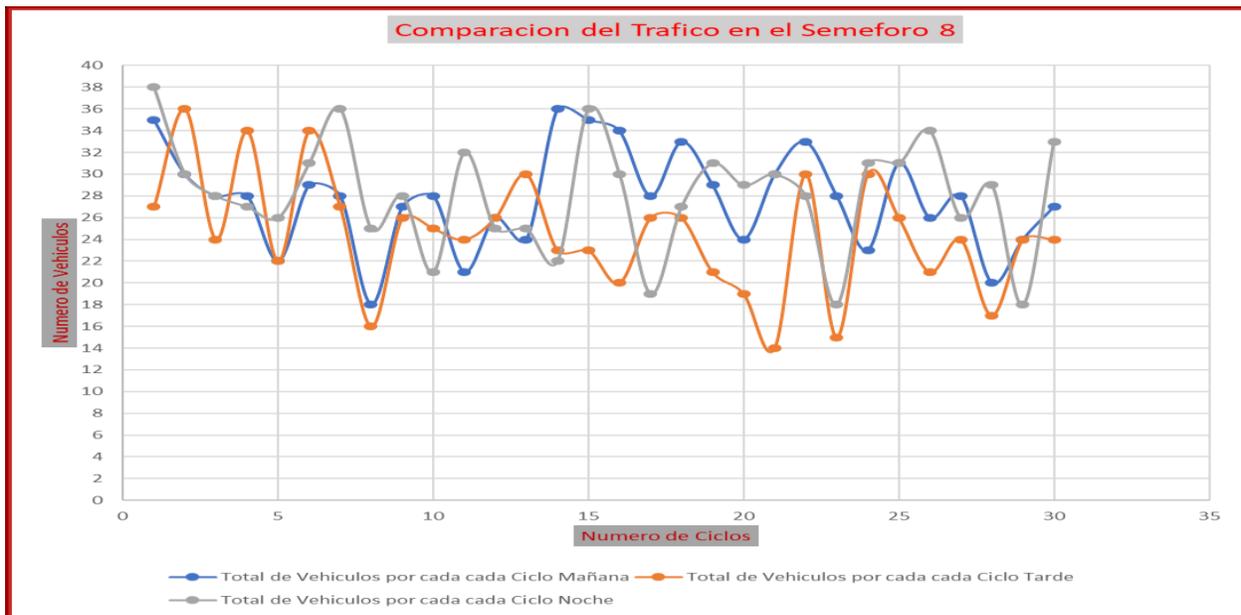
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 6.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23

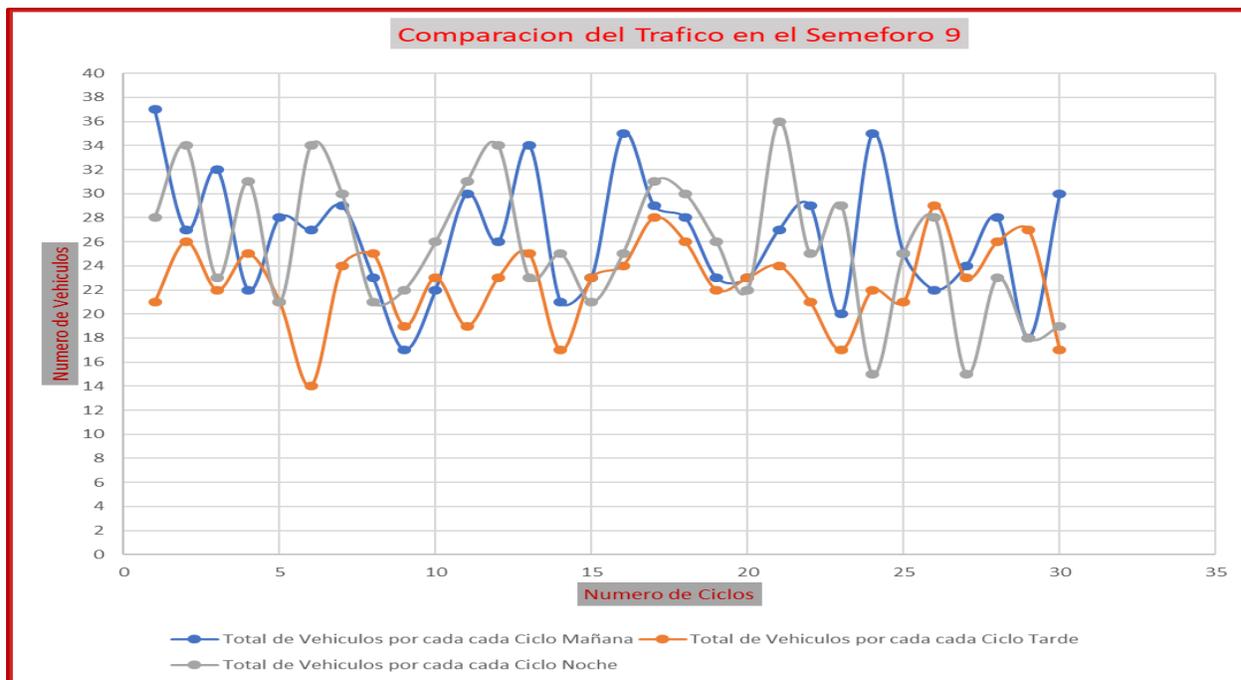
Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 7.



Fuente: elaboración propia

Figura 24

Comparación del Tránsito por Cada Ciclo en el Semáforo 9.



Fuente: elaboración propia

Los gráficos presentados, nos ayudan a ver como fluctúan el tráfico de acuerdo a los ciclos y las horas puntas, tanto mañana, tarde y noche. De estos gráficos podemos deducir cual es el horario con mayor tráfico y son justamente estos datos que se requieren para el diseño y la sincronización de semáforos. A continuación, en la **Tabla 12**, veremos un cuadro de resumen mostrando la cantidad máxima de vehículos por cada semáforo y por cada ciclo determinado.

Tabla 12

Cuadro de Resumen Ciclos con Mayor Tránsito

Cuadro de Resumen									
Ciclos	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	24	24	24	26	26	28	27	38	37
2	21	19	21	19	20	22	22	30	27
3	22	19	24	20	22	23	24	28	32
4	24	17	22	22	24	23	26	27	22
5	26	23	24	23	21	24	23	26	28
6	21	17	20	23	23	22	21	31	27
7	28	18	18	21	22	22	25	36	29
8	27	14	20	22	20	24	19	25	23
9	21	20	22	24	26	24	29	28	17
10	27	16	21	20	22	21	23	21	22
11	27	17	21	19	23	22	26	32	30
12	23	18	21	20	18	25	21	25	26
13	26	17	22	24	25	23	25	25	34
14	22	21	22	25	29	25	21	22	21
15	26	21	20	24	23	24	24	36	23
16	22	15	22	21	20	31	24	30	35
17	27	21	20	22	22	27	24	19	29
18	21	19	20	21	22	20	21	27	28
19	24	21	22	26	22	24	28	31	23
20	18	16	17	22	19	22	26	29	23
21	23	16	21	23	21	22	23	30	27
22	22	17	21	21	20	27	24	28	29
23	26	24	22	22	27	22	22	18	20
24	27	18	22	26	24	26	24	31	35
25	21	19	22	22	26	24	25	31	25
26	24	15	15	20	24	25	29	34	22
27	26	16	23	22	22	26	22	26	24
28	27	18	23	23	21	22	27	29	28
29	27	20	21	19	26	26	19	18	18
30	28	18	21	25	23	24	22	33	30

Fuente: elaboración propia

3.7.2. Análisis Descriptivo

Mediante las aplicaciones de las estadísticas descriptivas a cada variable registrada, se obtienen parámetros característicos de la muestra, como son: las medias de tendencia central y las medidas de variabilidad.

3.7.2.1. Medidas de Tendencia Central

Las principales medidas de las tendencias centrales son tres: moda, mediana y media. Las medidas de tendencias centrales indican en unos registros obtenidos los valores medios o centrales, que ayudan a ubicarlos dentro de los rangos de registros disponibles, la media indica el promedio “La moda representa la muestra que repite con mayor frecuencia dentro de los registros disponibles, cuando se trabaja con datos sin agrupar (o no tabulados, como en el presente caso) cada registro es considerado una clase y se contabiliza su frecuencia - la cantidad de veces presente en el registro analizado”. (Canchari, 2015)

A continuación se presenta la **Tabla 13**, obtenidos para el registro de vehículos.

Tabla 13

Medidas de Tendencia Central

Ubicación	Media	Mediana	Moda
Semáforo 1	24.12	24	27
Semáforo 2	18.3	18	17
Semáforo 3	21.04	21	22
Semáforo 4	22.14	22	22
Semáforo 5	22.63	22	22
Semáforo 6	23.9	24	22
Semáforo 7	23.72	24	24
Semáforo 8	27.65	28.5	31
Semáforo 9	25.99	27	23

Fuente: Elaboración Propia

3.7.2.2. Medidas de Variabilidad

Las medidas de las variabilidades más utilizadas son el rango, “desviación estándar y varianza. Mientras que las medidas de tendencia central son valores en una distribución las medias de variabilidad son intervalos que designan distancias o un número de unidades en la escala de medición”. “El rango indica la amplitud del dominio del registro de las unidades de análisis, es obtenido de una diferencia entre el máximo y el mínimo de un registro y determina la existencia de las unidades de análisis dependiendo del fenómeno analizado, tomando en cuenta este indicador es posible determinar valores atípicos en la distribución obtenida”. “La desviación estándar es el promedio de las desviaciones de cada registro respecto a su media y se interpreta como una dispersión de los registros respecto a su promedio aritmético, un valor grande determinará una dispersión mayor de los registros obtenidos y viceversa, mientras que la varianza es la desviación estándar elevada al cuadrado”. (Canchari, 2015).

Tabla 14

Medidas de Variabilidad del Conteo Vehicular

Ubicación	Rango	Varianza	Desviación estándar
Semáforo 1	10	7.31	2.7
Semáforo 2	10	6.67	2.58
Semáforo 3	9	3.77	1.94
Semáforo 4	7	4.39	2.1
Semáforo 5	11	6.53	2.56
Semáforo 6	11	5.45	2.33
Semáforo 7	10	7.02	2.65
Semáforo 8	20	26.12	5.11
Semáforo 9	20	25.71	5.07

Fuente: Elaboración Propia

3.8. Procesamiento de Datos.

En este apartado veremos el procesamiento de los datos obtenidos en campo, “durante el proceso se ejecutarán las operaciones necesarias para convertir los datos en información significativa. Cuando la información este completa” se procederá al diseño de los semáforos y a la sincronización de las mismas. La presente investigación en su mayoría estará basada en el libro de Cal y Mayor, excepto que se indique lo contrario.

3.8.2. Determinación del Ciclo de Máxima Demanda.

En el análisis exploratorio se determinó los diferentes ciclos, para ello se deben hacer conteos de vehículos que pasan por cada ciclo de un semáforo por 30 ciclos, y en caso de semáforos malogrados se deberá hacer conteos de 10 a 15 minutos teniendo en cuenta que un ciclo vendría a ser 1 minuto. (Cárdenas et al., 2000).

Se hizo una comparación entre la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.;** REF _Ref45729312 \h **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** sobre los valores por cada ciclo y por cada turno, en este caso mañana, tarde y noche de los aforos realizados en horas punta. Se hizo esta comparación en todos los semáforos ya que cada uno de ellos tienes distinto tipo de condiciones y funcionamiento. **Tabla 12**, muestra dichos resultados obtenidos.

3.8.3. Volúmenes de Tránsito

Es los números de vehículos que pasan por unos puntos o secciones transversales dados, de un carril o de una calle, en unos periodos determinados. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (24)$$

Donde

Q = Vehículos que pasan por unidades de tiempos (vehículos / periodo).

N = Números total de vehículos que pasan (vehículos).

T = Periodos determinados (unidad de tiempo) en este caso usaremos para cada ciclo del semáforo

Tabla 15

Cuadro de Volúmenes de Tránsito Para un Ciclo de Cada Semáforo.

CUADRO DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO PARA UN CICLO DE CADA SEMÁFORO							
Semáforo	Semáforo	Semáforo	Semáforo	Semáforo	Semáforo	Semáforo	Semáforo
1	2	3	4	5	6	7	8
9	21	13	12	22	11	6	13

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 15**, se presenta un cuadro de volúmenes para cada semáforo; estos volúmenes están dados en unidades de cantidad de vehículos por cada ciclo de dicho semáforo. En los casos de los semáforos malogrados se tiene que es por minutos. Es decir, por ejemplo, el” semáforo 1.es de 9 vehículos por un ciclo de semáforo (9 veh/ciclo). y en el caso de” semáforo 2 es de 21 vehículos por ciclo de semáforos (21 veh/ciclo).

3.8.4. Variación de Volúmenes de Tránsito

Es importante, “conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día”. (Cárdenas et al., 2000)

$$FHMD = \frac{VHMD}{N_{q_{\max}}} \quad (25)$$

Donde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda. FHMD = Factor de la hora de máxima demanda.

$N_{q_{\max}}$ = Flujo máximo.

Tabla 3.16: Factor de la Hora de Máxima Demanda

Tabla 16*Factor de la Hora de Máxima Demanda*

Factores de las Horas de Máximas Demandas							
Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8
0.87	0.86	0.92	0.78	0.82	0.83	0.89	0.78

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar el factores de la hora de máximas demandas se consideró $N =$ al número de ciclos de cada semáforos; para este caso consideraré 9 periodos de 8 ciclos, VHMD = se obtuvo de la **Tabla 12** sumando todos los valores de cada semáforo y $(q_{máx}) =$ determinando el flujo máximo en cada semáforo cada cinco ciclos de la **Tabla 12**

3.8.5. Vehículos Equivalentes

El factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión:

Donde:

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (26)$$

f_{vp} =Factores de ajustes por efecto de vehículos pesados.

$P.C.$ =Porcentajes de camiones.

$P.B.$ =Porcentajes de autobuses.

$P.R.$ =Porcentajes de vehículos recreativos.

$E.C.$ =Automóviles equivalentes a un camión.

$E.B.$ =Automóviles equivalentes a un autobús.

$E.R.$ =Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

A continuación, se presenta una **Tabla 17**, en la que se observa los porcentajes de vehículos que pasan por cada semáforo; estos datos son obtenidos y procesados de los aforos realizados en campo las cuales serán anexadas al final de la investigación.

Tabla 17

Porcentaje de Vehículos que Pasan por Cada Semáforo.

Porcentaje de Vehículos que Pasan por Cada Semáforos.								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8
P_C	0.79%	0.50%	0.50%	1.11%	0.75%	0.00%	1.20%	2.06%
P_B	31%	5.40%	8.30%	11.91%	13.98%	35.29%	30.90%	23.97%
P_R	68%	94%	91.20%	87%	85%	65%	67.90%	74%
E_C	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
E_B	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
E_R	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%

Fuente: elaboración propia

La Tabla 18 muestra el resultado de la obtención del factor de ajuste de cada semáforo algunos datos como E_C , E_B y E_R fueron obtenidos según Cárdenas et al., (2000).

Tabla

18

Factor de ajustes por efectos de vehículos pesados

FACTORES DE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8
f_{vp}	0.86	0.97	0.94	0.94	0.93	0.85	0.86	0.88

Fuente: elaboración propia

3.8.5.1. Flujos Equivalentes Totales

Los volúmenes horarios mixtos, V.H.M.D., se convierten a unos flujos automóviles directos, que no dan vueltas, equivalentes por hora, q_{ADE} , mediante las siguientes expresiones:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{vp}} \right) (E_V) \quad (27)$$

En este caso se analiza un semáforo en cada esquina de nuestra unidad muestral, y no se está analizando los otros semáforos que estén interactuando con esta. En este caso no se considera los giros derecha, izquierda ni recto por separado, sino como todo un conjunto la formula (27) se simplifica a lo siguiente:

$$q_T = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{vp}} \right) \quad (28)$$

Tabla 19

Flujos Equivalente Totales

Flujos Equivalente Totales								
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8
q_T	376	449	447	493	871	482	102	562

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6. Calculo de los Tiempos del Semáforo

La presente investigación pretende determinar los ciclos que deben tener cada semáforo, para ello es necesario determinar los tiempos de cada fase (duración en verde, amarillo y rojo). A continuación, se desarrollará todo el procedimiento necesario para obtención de tiempos de cada color del semáforo.

3.8.6.1. Intervalo de Cambio de Fase

Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de reacción del conductor, tiempo y espacio de deceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección. Se utilizará la siguiente expresión:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right) \quad (29)$$

Donde:

y = Intervalos de cambios de fases, ámbar más todo rojo (s).

t = Tiempos de percepciones reacciones del conductor (usualmente 1.0 s).

v = Velocidades de aproximaciones de los vehículos (m/s) ver (Tabla 10)

a = Tasas de desaceleraciones (valor usual 3.05 m/s²)

W = Anchos de intersecciones (m) obtenidos en los planos de COFOPRI

L = Longitud del vehículo (valor sugerido 6.10m)

A continuación, veremos una tabla con los datos procesados y obteniendo los intervalos de cambio de fase de cada semáforo.

Tabla 20

Intervalo de cambio de fase

Intervalo de cambio de fase (s)		
Uvi.	rojo	ámbar
Semáforo 1	2	4
Semáforo 2	2	5
Semáforo 3	2	4
Semáforo 4	2	3
Semáforo 5	2	4
Semáforo 6	2	4
Semáforo 7	2	3
Semáforo 8	2	4

Fuente: elaboración propia

3.8.6.2. Flujo de Saturación y Tiempo Perdido

El tiempo total perdido por ciclo viene dado por la siguiente expresión:

El tiempo total L perdido es:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \quad (30)$$

Donde:

l_i = intervalo de cambio de fase ámba.

ϕ = número de semáforos en un punto.

TR = Todo rojo en segundos.

Según Cárdenas et al., (2000) Las máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril para cada fase:

$$Y_1 = \frac{q_{i\text{máx}}}{s} \quad (31)$$

Según Vázquez & Federico, (1998), Para la determinación de (s) se determinará mediante la fórmula:

$$s = \frac{3600}{[(T_u - T_4) / (n_u - 4)]} \quad (32)$$

Donde:

s = Flujos de saturaciones.

T_u = tiempos del último vehículo en segundos.

T_4 = tiempos de los cuartos vehículo en segundos.

n_u = Números de los últimos vehículos.

Tabla 21

Flujo de Saturación.

Flujo de saturación	
Ubicación.	s
Semáforos 1	575
Semáforos 2	750
Semáforos 3	1023
Semáforos 4	930
Semáforos 5	1423

Semáforos 6	1050
Semáforos 7	203
Semáforos 8	930

Fuente: Elaboración Propia

La **tabla 20**, se determinó de manera aproximada, ya que estas requieren mayor estudio minucioso y detallado, que de por sí podría ser un trabajo de investigación autónomo. ¿A continuación, se presenta la **tabla 22**, el siguiente resumen:

Tabla 22

Tiempo perdido (L), relación de flujo actual (q) y flujo de saturación (s)

Uvi.	L	Y
Semáforos 1	6	0.654
Semáforos 2	7	0.599
Semáforos 3	6	0.437
Semáforos 4	5	0.53
Semáforos 5	6	0.612
Semáforos 6	6	0.459
Semáforos 7	5	0.502
Semáforos 8	6	0.51

Fuente: Elaboración Propia

3.8.6.3. Longitud de Ciclo Óptimo C_0

Viene dado por la siguiente expresión:

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} \quad (33)$$

Donde:

L = Tiempo perdido por ciclo.

Y = Relación de flujo actual q y flujo de saturación s.

φ = número de semáforos en un punto.

Tabla 23*Longitud de ciclo*

Uvi.	C_0	C_0 a utilizar	Tiempo verde efectivo ($C_0 - L$)
Semáforo 1	40.5	41	35
Semáforo 2	38.6	39	32
Semáforo 3	24.9	25	19
Semáforo 4	26.6	27	22
Semáforo 5	36.1	37	31
Semáforo 6	25.9	26	20
Semáforo 7	25.1	26	21
Semáforo 8	35.4	29	23

*Fuente: Elaboración Propia***CAPITULO IV****RESULTADOS.**

Contrastación de los datos registrados en campo y los resultados teóricos.

A continuación, se muestra la tabla 23, donde se tiene los datos obtenidos en los campos de los tiempos del semáforo en la actualidad: activo

Tabla 24*Ciclos de los Semáforos*

Tiempo de Cambio de Color de Cada Semáforo para la investigación				
Ubicación	Rojo	Amarillo	Verde	Estado actual
AV. Huancavelica y Jr. Cuzco	50	3	25	activo
Av. Huancavelica y Jr. Lima	40	3	40	activo
Jr. Lima y Jr. Moquegua	35	3	32	activo
Calle Real y Jr. Lima	32	3	17	activo
Jr. Lima y Jr. Ancash	25	3	20	activo
Jr. Pachitea y Av. Giráldez	42	5	35	activo
Jr. Guido y Av. Giráldez	42	3	35	activo
Av. Giráldez y Jr. Huancas	20	3	37	activo
Jr. Francisco Solano y Av. Giráldez	20	3	35	activo

Fuente: Elaboración Propia

En la **tabla 24**, se muestra los resultados del proceso de datos, el proceso de datos respectivo debido a la complejidad del análisis del punto. En este punto es necesario una

investigación propia en si determinando el flujo, los tiempos de semáforos, etc. Por ello no se tomará como unidad de análisis dicho punto, sólo se determinará los tiempos de marcha y demora que exista.

Tabla 25

Tiempos de Cambio de Color Obtenidos en la Investigación

Ubicación	Rojo	Amarillo	Verde
AV. Huancavelica y Jr. Cuzco	50	3	25
Av. Huancavelica y Jr. Lima	40	4	35
Jr. Lima y Jr. Moquegua	35	5	32
Calle Real y Jr. Lima	32	4	19
Jr. Lima y Jr. Ancash	25	3	22
Jr. Pachitea y Av. Giráldez	42	4	31
Jr. Guido y Av. Giráldez	42	4	20
Av. Giráldez y Jr. Huancas	20	3	21
Francisco Solano y Av. Giráldez	20	4	23

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2: Tiempos de cambio de color de cada semáforo obtenido en la investigación

De la **tabla 23** y la **tabla 24**, se observa que existe diferencias que pueden ser manejables para la sincronización de semáforos. Para realizar la sincronización, se debe tener en cuenta que los ciclos que se manejen en cada semáforo deben ser iguales; es por ello que al hacer una comparación de los semáforos entre el actual y el obtenido, se observa que en algunos puntos es prácticamente imposible la sincronización, ya que estas tienen ciclos muy largos o muy cortos respecto al otro. Estos ciclos que se obtuvieron, se hicieron con la finalidad de obtener unos tiempos manejables; unos tiempos que puedan modificarse y adecuarse a la sincronización final que se desea obtener. ¿Para ello, a continuación, se presenta unos tiempos óptimos para la sincronización **tabla 25**:

Tabla 26*Tiempos Finales Para la Sincronización*

Ubicación	Rojo	Amarillo	Verde
AV. Huancavelica y Jr. Cuzco	50	3	25
Av. Huancavelica y Jr. Lima	35	5	35
Jr. Lima y Jr. Moquegua	35	5	35
Calle Real y Jr. Lima	32	4	19
Jr. Lima y Jr. Ancash	25	3	22
Jr. Pachitea y Av. Giráldez	42	4	31
Jr. Guido y Av. Giráldez	20	4	23
Av. Giráldez y Jr. Huancas	20	4	23
Francisco Solano y Av. Giráldez	20	4	23

Fuente: Elaboración Propia

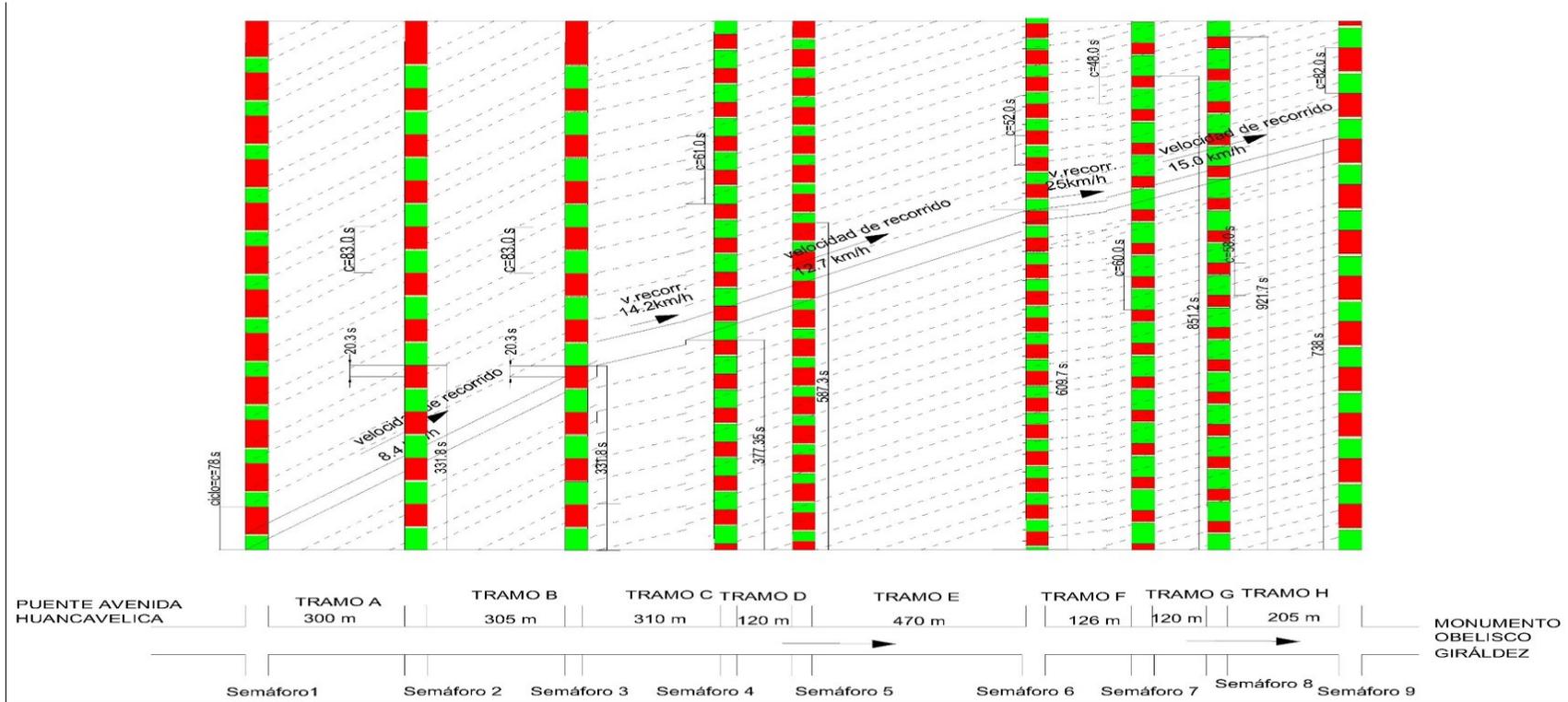
De la **tabla 25**, se modificó de tal forma que no varíen demasiado sus ciclos, los ciclos modificados serían sincronizados y comparados con el funcionamiento actual y así determinar cuan optimo es la sincronización.

Se determinan la sincronización de 9 semáforos, todos ellos estarán sincronizados mutuamente; estarán sincronizados por grupos, en este caso tenemos los semáforos ubicados en el AV. Huancavelica y Jr. Cuzco, Av. Huancavelica y Jr. Lima, Jr. Lima y Jr. Moquegua, Calle Real y Jr. Lima, Jr. Lima y Jr. Ancash, Jr. Pachitea y Av. Giráldez Jr. Guido y Av. Giráldez, Av. Giráldez y Jr. Huancas, Francisco Solano y Av. Giráldez

A continuación, veremos un modelo geométrico con el funcionamiento actual de los semáforos:

Figura 25

Estado actual de los semáforos de estudio



Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 25**, se tiene los ciclos de verde y rojo de cada semáforo y la sincronización actual que tienen; la línea oscura representa un vehículo que atraviesa estos semáforos a una velocidad y tiempo determinado y observándose que no existe una sincronización adecuada. Esto conlleva a unas pérdidas de tiempo innecesario pudiéndose optimizar en algunos puntos.

Tabla 27

Tiempos de Desfase de los Semáforos Actuales

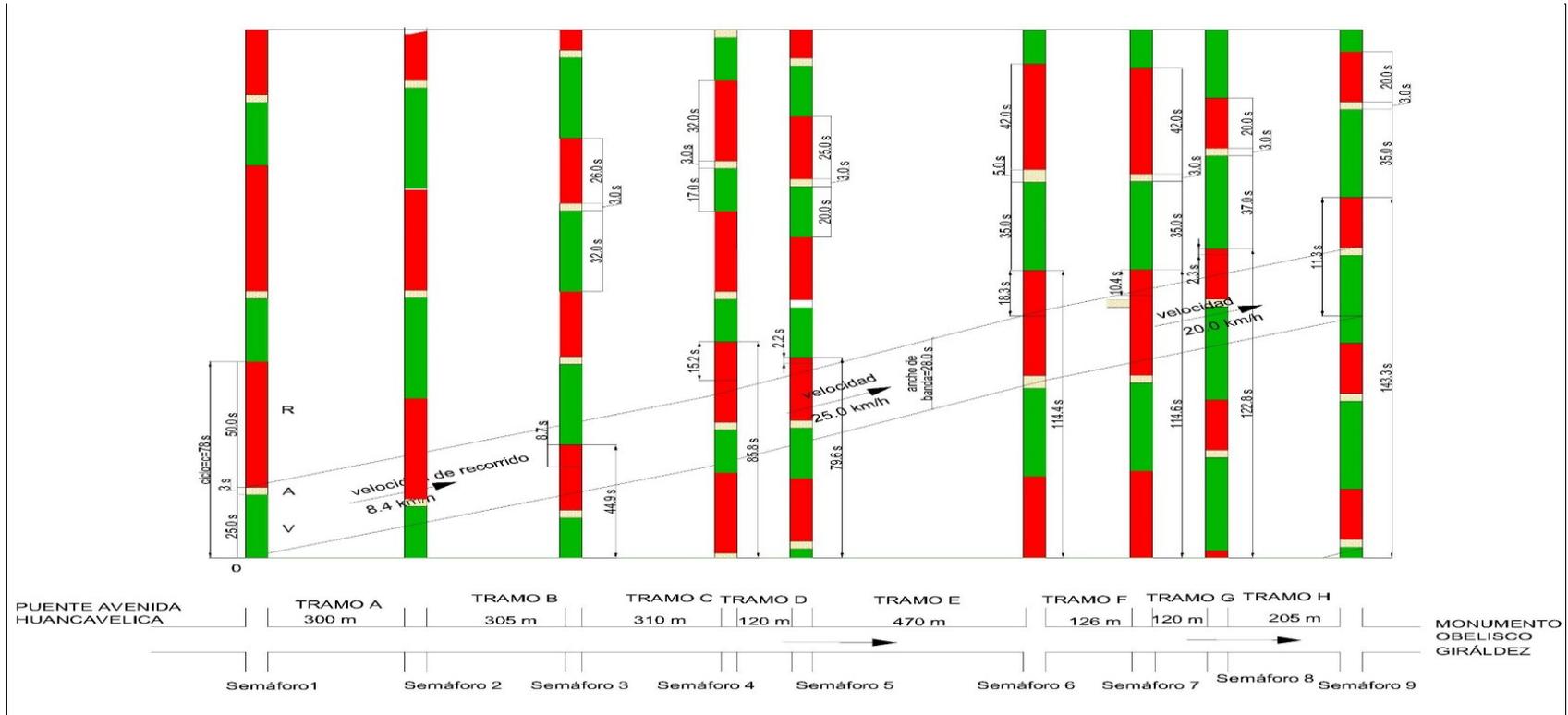
TIEMPOS DE RECORRIDO	
Ubicación	Tiempo de desfase (s)
Semáforo 0	0
Semáforo 1	331.8
Semáforo 2	377.35
Semáforo 3	587.3
Semáforo 4	609.7
Semáforo 5	736.1
Semáforo 6	849.4
Semáforo 7	994.7
Semáforo 8	1070.7

Fuente: Elaboración Propia

Estos tiempos vendrían a ser los tiempos en el que el vehículo estaría atravesando dicho semáforo teniendo un tiempo total de recorrido de desde Puente Avenida Huancavelica a Monumento Obelisco Giráldez de 1070.7 segundos equivalente a 17 minutos con 51 segundos aproximadamente.

Figura 26

Propuesta de la sincronización de semáforos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26, se puede observar la sincronización de los semáforos mencionados anteriormente, la línea negra representa los vehículos que van a través de este conjunto de semáforos a una velocidad de recorrido determinado, las líneas punteadas representan el comportamiento de diferentes ciclos y su relación con respecto al siguiente semáforo.

En consecuencia, a la sincronización, se tiene que los semáforos 1,2,3,4,5,6,7,8 Y 9 se encuentran perfectamente sincronizados para las condiciones actuales del problema.

Tabla 28

Tiempos de Desfase de los Semáforos Propuestos

Tiempos de Recorrido	
Ubicación	Tiempo de desfase (s)
Semáforo 0	0
Semáforo 1	311.5
Semáforo 2	348.23
Semáforo 3	543.85
Semáforo 4	563.3
Semáforo 5	673.65
Semáforo 6	702.8
Semáforo 7	773.8
Semáforo 8	823.66

Fuente: Elaboración Propia

Estos tiempos vendrían a ser los tiempos en el que el vehículo estaría atravesando dicho semáforo teniendo un tiempo total de recorrido de desde Puente Avenida Huancavelica a Monumento Obelisco Giráldez de 823 segundos equivalente a 13 minutos con 43 segundos aproximadamente.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el autor (León Pindo 2017), en su trabajo de investigación titulado: “Análisis del flujo vehicular en las intersecciones semaforizadas del centro de la ciudad de Pasaje” El presente proyecto de investigación tuvo el objetivo de determinar el flujo vehicular mediante los datos recopilados en el área de estudio con la finalidad de dar a conocer el comportamiento vehicular que presenta las intersecciones semaforizadas del Cantón Pasaje. En relación al trabajo mencionado estoy de acuerdo con la forma en que se ha llegado a determinar el flujo vehicular mediante datos recopilados en lugar de los tramos intervenidos y calculando estadísticamente, para optimizar el flujo vehicular eficiente, que son factores esenciales para el desarrollo de la ciudad de Huancayo, cabe mencionar los riesgos que generan a los transportes públicos al tener una máxima demanda vehicular debido al crecimiento poblacional, al igual que mi trabajo de investigación “sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez”, que llego a mejorar la semaforización en los tramos intervenidos.

Según los resultados obtenidos por (Gonzalez Mamany,2018) en su trabajo de investigación: “Evaluación y optimización de los flujos vehiculares y fases de semáforos para mejorar la capacidad vial y los niveles de servicio en las intersecciones con niveles de servicio inadecuados dentro del centro histórico de la ciudad del Cusco” determina principalmente a la evaluación, optimización de los flujos vehiculares y tiempos de fases de los semáforos de 21 intersecciones, 11 semaforizadas y 10 no semaforizadas, ubicadas en el CHC; donde se realizó la

recolección de los volúmenes vehiculares y tiempos de fases de los semáforos, como fuente de información para la modelación, mediante el uso de un software de modelación macroscópica (SYNCHRO 9), en relación al trabajo de investigación: “sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez”, la cual trabaje de manera tradicional mediante cálculos estadísticos, en tal motivo pienso que es una buena alternativa dar uso de la tecnología a través de programas de software que nos permiten obtener resultados más sofisticados, mejorando la optimización de resultados en los tiempos de fase de los semáforos.

según (Huapaya Condori, 2017) en su investigación titulada: “Diseño de un sistema integrado del control de la semaforización del tránsito vehicular en el casco urbano del cercado de Huánuco – 2017” tuvo como objetivo de estudio plantear un diseño para un plan integrado de semaforización de la ciudad de Huánuco con el fin de reducir el tiempo que se requiere para el transporte y los embotellamientos de vehículos que se generan. Para ello se realizó un diagnóstico de la problemática identificando los puntos más críticos del embotellamiento de la ciudad. También se identificaron los problemas por la mala distribución de las señales de tránsito y la falta del respeto de los reglamentos y ordenanzas municipales, esto se suma también la falta de un estudio técnico para las instalaciones de los semáforos del tránsito, los que están instalados por la municipalidad, sin tener prioridades ni sincronizaciones entre ellos; por lo que los ciudadanos tienen que destinar mayor tiempo en el transporte. Por eso se está planteando el Diseño de un Sistema Integrado del Control de la semaforización del tránsito vehicular. Esta investigación pretende demostrar todos los recursos con los que cuenta nuestra ciudad en cuestiones del tránsito vehicular, es decir su infraestructura, reglamentos de tránsito, dispositivos, leyes y ordenanzas;

con la finalidad de solucionar los problemas que aquejan a los ciudadanos de Huánuco, también se encuentra una similitud con esta investigación, también tiene la finalidad de reducir el tiempo que se requiere para el transporte y los embotellamientos de vehículos que se generan día a día en el tramo intervenido.

Para los resultados obtenidos de (Corilla Huamán y Carmen Patricia 2018) en su trabajo de investigación titulada: “Propuesta de mejora del nivel de servicio del tránsito vehicular en la Av. Huancavelica - tramo Av. 13 de Noviembre y Paseo La Breña en la ciudad de Huancayo” El tema de investigación es propuesta de mejora del nivel de servicio del tránsito vehicular de la Av. Huancavelica - tramo Av. 13 de Noviembre y Paseo La Breña en la Ciudad de Huancayo. La contrastación de la hipótesis demuestra que, si existe mejora significativa en el nivel de servicio del tránsito vehicular después de implementar las propuestas asociadas en las intersecciones de la avenida Huancavelica con 13 de Noviembre, Pje. La Merced, Jr. La Merced, Jr. Santa Rosa, Jr. Ayacucho, Jr. Cuzco, Jr. Puno y Paseo la Breña. El trabajo describió el análisis de condición actual de la zona de estudio como: tipos de transporte, condiciones actuales de señalización, esquema geométrico, esquema de giros, esquema de semáforos, conteo vehicular, volúmenes y niveles de servicio que detallan el estado real de cada uno de las intersecciones, analizado el trabajo de investigación del autor, a pesar de tener la misma finalidad, no estoy de acuerdo con la forma del trabajo planteado, porque pienso que de todas maneras es necesario cálculos estadísticos para obtener mayor precisión de los tiempos de desfase en los semáforos, para mejorar el nivel de servicio del tránsito vehicular.

CONCLUSIONES

1. Se alcanzó al objetivo principal de manera parcial, ya que se pudo sincronizar todos los semáforos debido a que los tiempos de los ciclos en diferentes semáforos fueron distintos, y al hacer el análisis se pudo modificar los tiempos debido al tráfico que transcurren por esta. Por ello, de los 9 semáforos analizados todos se sincronizan, logrando resultados considerables en los tramos intervenidos.
2. Se pudo determinar los tiempos de recorrido total, en este caso fue de 823.66 segundos a diferencia del tiempo de recorrido normal antes del estudio dado que era 1070.7 segundos, mostrando una variación total al 30% de eficiencia, lo cual me permite sustentar la aplicación de sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público.
3. Se logró optimizar el tiempo recorrido con la sincronización de los semáforos actuales desde Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez, disminuyendo en 4 minutos y 8 segundos aproximadamente, según los resultados obtenidos, dada la problemática, permite aportar mediante mi trabajo de investigación la reducción del tráfico vehicular en la ciudad de Huancayo, mejorando así la dinámica de los vehículos de transporte público.

RECOMENDACIONES.

1. Al iniciar el análisis respecto a temas de tránsito se recomienda tener estudios previos de aforos vehiculares, tiempo de recorrido de vehículos en cada tramo, ancho de vía, distancia de los tramos y ciclo de semáforos, para poder delimitar adecuadamente la muestra
2. Para hacer una adecuada sincronización de semáforos es recomendable analizar semáforos que tengan las mismas características uno de otros, ya que ahí es donde se puede realizar la sincronización.
3. Es necesario realizar el aforo vehicular en horas puntas, ya que es donde se reflejan más los problemas de tránsito vehicular que dan mayor congestión.
4. Por último, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huancayo normar la aplicación de sincronización de semáforos establecidas en el presente trabajo de investigación, por ser el único ente con la facultad de hacerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bañón, L., & Beviá, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
2. Canchari, E. (2015). Redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular.
3. Cárdenas, J., Cal, R., & Reyes, M. (2000). INGENIERÍA DE TRANSITO-FUNDAMENTOS Y APLICACIONES. Scribd. <https://es.scribd.com/document/426014434/INGENIERIA-DE-TRANSITO-FUNDAMENTOS-Y-APLICACIONES-Rafael-Cal-y-Mayor-Reyes-James-Cardenas-Grisales>
4. Carrasco Avendaño, J., & Wazhima Clavijo, J. (2012). Diseño de la red semafórica de la calle Mariscal Lamar desde la calle Manuel Vega hasta la calle Tarqui. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/778>
5. Diaz Ivorra, M., Ivorra, J., Ferreiro, I., Carrión, M., Cardona, M., Tomás, R., Sentana, I., & Cremades, E. (2002). Métodos geométricos de coordinación de intersecciones reguladas por semáforos.
6. Flores, D. J. M. M., & Espinoza, J. (s. f.). Sincronización de seis semáforos paralelos mediante simulación con Promodel y su efecto en el medio ambiente. Recuperado 6 de julio de 2020, de https://www.academia.edu/18401288/Sincronizaci%C3%B3n_de_seis_sem%C3%A1foros_paralelos_mediante_simulaci%C3%B3n_con_Promodel_y_su_efecto_en_el_medio_ambiente

7. Gómez Johnson, R. C. (2014). TEXTO DEL ALUMNO INGENIERIA DE TRÁFICO CIV – 326 UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.
https://www.academia.edu/16248348/TEXTO_DEL_ALUMNO_INGENIERIA_DE_TR%C3%81FICO_CIV_326_UNIVERSIDAD_MAYOR_DE_SAN_SIMON_FACULTAD_DE_CIENCIAS_Y_TECNOLOGIA_CARRERA_DE_INGENIERIA_CIVIL
8. Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras. (2016). http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf
9. Mesa-Mazo, M., Valencia-Calvo, J., & Olivar-Tost, G. (2014). Model for a vehicle dynamics through a sequence of traffic lights. *Dyna*, 81(186), 138-145.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49631663019>
10. Vázquez, L., & Federico, J. (1998). Determinación del máximo valor de flujo de saturación en intersecciones, semaforizadas / por José Federico López Vázquez.
http://www.lareferencia.info/vufind/Record/MX_37e4da47c746bd7c058c85c9fb692c0a
11. Arduino. (marzo del 2016). obtenido de www.arduino.cc/en/
12. Bao Obregon, Danniella& Cerna Fukuzaki, Francisco. (2012). Diseño de un sistema de control de transporte inteligente para un tramo de la Av. Faucett. Universidad tecnológica del Peru, Peru.
13. Congestión vehicular. (abril del 2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Congesti%C3%B3n_vehicular
14. Raspberry. (abril del 2016). Obtenido de <http://www.raspberrypi.org/>

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema General ¿Qué efecto produce la sincronización de los semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez?</p> <p>Problema(s) Especifico(s) ¿Cuál es el tiempo de recorrido en la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez?</p> <p>¿Qué efecto produce en la sincronización de los semáforos en los tiempos de recorrido desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez?</p>	<p>Objetivo General Determinar qué efecto produce la sincronización de los semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.</p> <p>Objetivo(s) Especifico(s) Determinar el tiempo de recorrido en la sincronización de semáforos para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.</p> <p>Optimizar el tiempo de r con la sincronización de semáforos actuales en la r Huancavelica hasta el Mo Obelisco,</p>	<p>Sistema Vial Urbano. Como tal se comprende a aquellos espacios de dominio y usos públicos destinados a posibilitar la circulación de personas y vehículos.</p> <p>Capacidad Vial En las fases de planeaciones, estudios, proyectos y operaciones de las carreteras y calles, la demanda de tránsito.</p> <p>Volumen de Tránsito. Es el volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados.</p>	<p>Hipótesis General La optimización en la sincronización de los semáforos tiene un efecto significativo para la dinámica de vehículos de transporte público mediante secuencia de semáforos desde Puente Avenida Huancavelica-Obelisco Giráldez.</p> <p>Si se realiza distintas mediciones de tiempo de recorrido, tiempo de semáforos y aforos vehiculares entonces se podría establecer un tiempo de recorrido ideal de un punto a otro y así evitar una alta congestión vehicular.</p> <p>Si se establece un tiempo óptimo de recorrido entonces se podría utilizar los semáforos de la mejor manera y así adecuarlos a la realidad que se tiene.</p> <p>Si se establece los tiempos de cambio de los semáforos que se tiene en este tramo, entonces se podrá determinar los tiempos de recorrido que deberían tener estos vehículos.</p>	<p>Variable Independiente: Sincronización de los semáforos desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez, siguiendo las distintas s rutas de transporte público en la ciudad de Huancayo.</p> <p>Variable Dependiente: Y: Tiempo de recorrido desde la Av. Huancavelica hasta el Monumento Obelisco Giráldez, en la ciudad de Huancayo.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: cuasi experimental.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo</p> <p>MÉTODO: hipotético – deductivo</p> <p>DISEÑO: Diseño de medición previa y posterior con grupo de control.</p> <p>POBLACIÓN: Sistema de Transporte público.,</p> <p>MUESTRA: La muestra está constituida por 30 ciclos.</p> <p>TÉCNICAS: - Observación</p> <p>ANALISIS DE DATOS: Estadística No inferencial Estadística cuasi experimental.</p>

ANEXO 02: Total de Vehículos por Cada Ciclo Mañana.

Total de Vehículos por Cada Ciclo Mañana									
Ciclos	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	15	24	23	26	26	28	24	35	37
2	18	19	18	19	20	22	23	30	27
3	21	19	15	20	22	23	20	28	32
4	20	17	21	22	24	23	24	28	22
5	18	23	17	23	21	24	21	22	28
6	21	17	17	23	23	22	23	29	27
7	18	18	19	21	22	22	21	28	29
8	20	14	16	22	20	24	24	18	23
9	19	20	21	24	26	24	21	27	17
10	19	16	20	20	22	21	23	28	22
11	20	17	19	19	23	22	23	21	30
12	18	18	16	20	18	25	21	26	26
13	22	17	16	24	25	23	20	24	34
14	16	21	17	25	29	25	21	36	21
15	18	21	18	24	23	24	23	35	23
16	17	15	17	21	20	31	24	34	35
17	18	21	21	22	22	27	22	28	29
18	18	19	15	21	22	20	25	33	28
19	18	21	18	26	22	24	19	29	23
20	20	16	16	22	19	22	26	24	23
21	17	16	19	23	21	22	22	30	27
22	23	17	20	21	20	27	22	33	29
23	23	24	18	22	27	22	25	28	20
24	16	18	22	26	24	26	23	23	35
25	22	19	19	22	26	24	20	31	25
26	21	15	21	20	24	25	24	26	22
27	19	16	17	22	22	26	21	28	24
28	15	18	20	23	21	22	20	20	28
29	20	20	17	19	26	26	24	24	18
30	17	18	18	25	23	24	24	27	30

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 03: Total de Vehículos por Cada Ciclo Tarde

Total de Vehículos por Cada Ciclo Tarde									
Ciclos	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	20	22	21	29	29	27	26	27	21
2	16	17	18	19	21	24	22	36	26
3	16	14	22	20	23	21	24	24	22
4	20	17	14	21	18	22	18	34	25
5	17	17	19	22	26	25	24	22	21
6	16	19	19	20	22	23	21	34	14
7	19	15	22	21	24	25	23	27	24
8	18	20	17	23	23	24	20	16	25
9	18	15	18	22	25	22	26	26	19
10	19	17	19	23	21	22	21	25	23
11	20	17	19	23	23	25	24	24	19
12	15	17	19	23	19	24	17	26	23
13	18	19	17	19	23	22	24	30	25
14	20	16	16	22	23	23	25	23	17
15	17	17	20	26	26	24	24	23	23
16	18	20	22	21	24	24	26	20	24
17	16	22	22	20	25	21	21	26	28
18	15	15	16	24	25	27	23	26	26
19	21	20	19	22	23	21	25	21	22
20	16	18	18	22	25	22	23	19	23
21	21	16	18	24	27	22	23	14	24
22	16	15	17	19	20	24	20	30	21
23	18	19	17	22	23	22	23	15	17
24	17	18	18	22	23	24	23	30	22
25	15	20	18	22	25	25	23	26	21
26	18	18	22	23	18	21	24	21	29
27	20	18	21	23	25	23	25	24	23
28	17	17	16	22	17	24	25	17	26
29	20	19	19	23	23	22	22	24	27
30	15	22	20	23	21	24	25	24	17

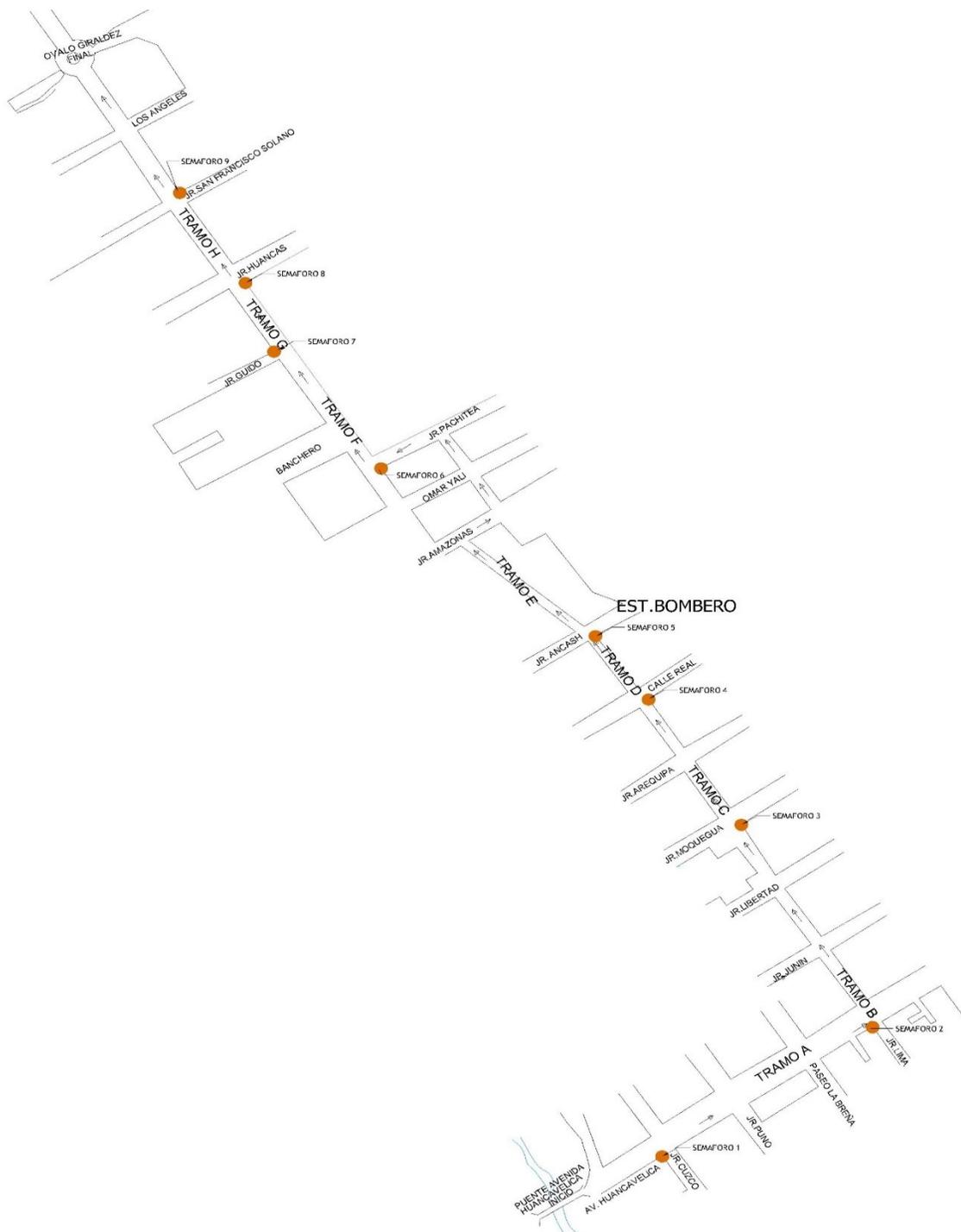
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 04: Total de vehículos por cada ciclo noche

Total de vehículos por cada ciclo noche									
Ciclos	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4	Semáforo 5	Semáforo 6	Semáforo 7	Semáforo 8	Semáforo 9
1	24	26	24	28	27	26	27	38	28
2	21	20	21	20	25	25	22	30	34
3	22	18	24	24	21	21	24	28	23
4	24	24	22	18	21	26	26	27	31
5	26	21	24	22	23	22	23	26	21
6	21	15	20	21	26	24	21	31	34
7	28	19	18	23	24	24	25	36	30
8	27	20	20	19	28	22	19	25	21
9	21	18	22	24	23	23	29	28	22
10	27	15	21	24	23	24	23	21	26
11	27	18	21	20	21	23	26	32	31
12	23	19	21	20	19	22	21	25	34
13	26	17	22	26	23	24	25	25	23
14	22	17	22	20	23	26	21	22	25
15	26	20	20	26	23	21	24	36	21
16	22	19	22	20	23	24	24	30	25
17	27	20	20	25	21	22	24	19	31
18	21	20	20	22	25	24	21	27	30
19	24	16	22	23	23	25	28	31	26
20	18	19	17	21	23	24	26	29	22
21	23	18	21	25	22	24	23	30	36
22	22	16	21	20	20	25	24	28	25
23	26	18	22	23	21	19	22	18	29
24	27	15	22	23	24	26	24	31	15
25	21	21	22	22	23	24	25	31	25
26	24	16	15	25	24	23	29	34	28
27	26	18	23	25	26	21	22	26	15
28	27	17	23	21	23	21	27	29	23
29	27	17	21	23	24	23	19	18	18
30	28	21	21	26	25	24	22	33	19

Fuente: elaboración propia

ANEXO 05: Planos de Ubicación de semáforos



Fuente: PLANO COFOPRI-HUANCAYO